

Международный межакадемический союз
Всемирный экспертно-аттестационный комитет

На правах рукописи

Абракитов Владимир Эдуардович

УДК 62-71: 624.048: 628.517.2: 699.84

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО КОМФОРТА МЕТОДАМИ
МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ, ПОГЛОЩЕНИЯ И ИЗОЛЯЦИИ
ЗВУКОВЫХ ВОЛН**

Специальность 27.00.02 – Безопасность деятельности

Автореферат

диссертации на соискание научной степени доктора технических наук

Санкт-Петербург
2012

Работа выполнена в Харьковской национальной академии городского хозяйства
Министерства образования, науки, молодежи и спорта Украины.

Научный консультант доктор технических наук, профессор
Селиванов Станислав Евгеньевич,
Херсонская государственная морская академия –
заведующий кафедрой управления судном и
безопасности жизнедеятельности.

Официальные доктор технических наук, профессор
оппоненты **Иванов Николай Игоревич,**
«Балтийский государственный технический
университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова» -
заведующий кафедрой БЖД

доктор технических наук, профессор
Изак Григорий Давыдович,
научный руководитель ООО «Научнойз»

доктор технических наук, профессор
Нефёдов Леонид Иванович
Харьковский национальный автомобильно-дорожный
университет – заведующий кафедрой
автоматизации и компьютерно-интегрированных
технологий

Защита диссертации состоится 28 марта 2012 г. ____ в ____ часов на заседании
Диссертационного совета Д.00.09. МАНЭБ 0152 по защите диссертаций на соискание
ученой степени доктора наук при Международной Академии Наук экологии и
безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ) по адресу: Санкт-Петербург,
Институтский переулок, 5.

Автореферат разослан 24 февраля 2012 года.

Ученый секретарь диссертационного совета
Кандидат технических наук, профессор

Н.Г. Занько

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Научно-технический прогресс во всех областях промышленности и на транспорте сопровождается разработкой и широким внедрением разнообразного оборудования, станков и транспортных средств. Рост их мощностей, и стремительное развитие техники привели к тому, что человек на производстве и в быту постоянно подвергается влиянию шума высокой интенсивности. Следствием вредного действия шума могут быть профессиональные заболевания, повышение общей заболеваемости, снижение трудоспособности, повышение степени риска травм и несчастных случаев, связанных с нарушением восприятия предупредительных сигналов, нарушение слухового контроля функционирования технологического оборудования, снижение производительности труда и ухудшение качества жизни. Весь комплекс изменений, которые возникают в организме человека при продолжительном влиянии шума, современными исследователями рассматривается как «шумовая болезнь». Отмечается неудовлетворительное положение в области акустической безопасности населения, которое представляет собой серьёзную экологическую, социальную и экономическую проблему [95].

Актуальной народно-хозяйственной задачей является разработка эффективных мер борьбы с вредным действием шума. Они базируются на решении проблемы моделирования процессов распространения звука, и дают возможность проектировать и разрабатывать шумозащитные мероприятия и средства на стадии проектирования (или реконструкции) объекта, т.е. когда он еще не существует в натуре. В наиболее общем виде их можно представить как логическую цепочку исследований, представленную на рис. 1.

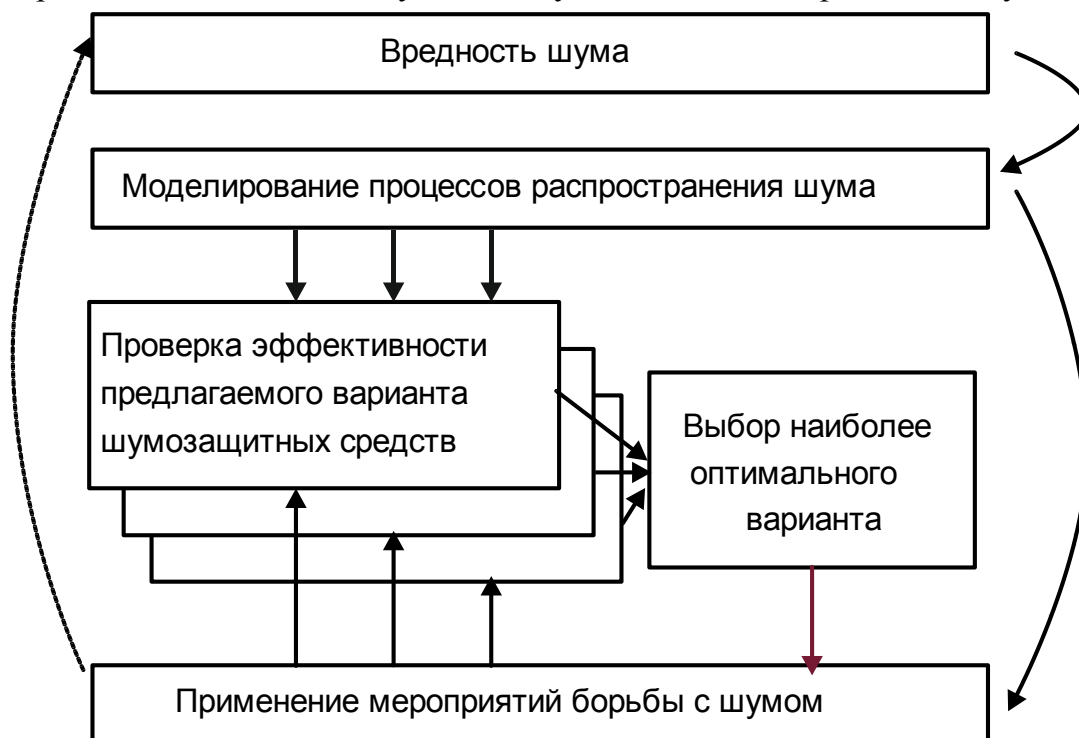


Рис. 1 - Логическая цепочка исследований в области борьбы с шумом

Следует обратить внимание на обратные и внутренние связи между элементами

схемы. Действительно, предлагая те или иные шумозащитные мероприятия, оптимизируя их выбор, реализуя их на практике - мы в конечном итоге уменьшаем вредное влияние шума на здоровье человека и улучшаем экологическую обстановку.

При этом возникло много вопросов, которые условно могут быть классифицированы на две главные группы, решению которых и посвящена диссертационная работа. Её проблематика разделилась по двум направлениям, которые связаны с защитой Человека и окружающей среды от отрицательного влияния вредных техногенных факторов.

Первая проблема диссертационной работы - это проблема моделирования процессов распространения звука на пути от источника к объекту, который нуждается в защите от шума, - поскольку, как известно, удобно предусматривать, проектировать, конструировать и т.д. разнообразные шумозащитные мероприятия и средства на стадии проектирования объекта, когда он еще не существует в натуре. Таким образом, возникает необходимость прогнозирования, моделирования, картографирования, оценки шумового режима, возможности изучения эффекта вариабельности шумозащитных средств и др.

Вторая проблема заключается в том, что недостаточно только лишь знать, как именно распространяется шум; надо еще вести борьбу с ним, т.е. конструировать средства борьбы с шумом. Хотя обе эти проблемы тесно связаны между собой, каждая из них требует совсем разных путей решения, ставит разные задачи и др.

В ходе исследований выяснилось, что в круг вопросов, возникающих из обеих проблем, входят еще несколько дополнительных задач, касающихся создания ряда вспомогательных приборов. Так, например, предлагаемые устройства моделирования имеют электрическое питание, и согласно требованиям электробезопасности нуждаются в заземлении. Автором в процессе исследований были изобретены новые конструкции устройств защитного заземления и зануления, получено 3 патента на указанные изобретения. Также получено несколько патентов на органы управления предлагаемыми устройствами моделирования, на модели источников шума (далее - ИШ), которые применялись в экспериментах, и др. Эти изобретения, хотя они играют подчинённую роль в диссертации, - обеспечивают выполнение главных задач работы.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Диссертационная работа выполнена в рамках научных исследований, которые проводились в Харьковской национальной академии городского хозяйства (ХНАГХ) согласно её тематическим планам. Диссертационная работа была начата в соответствии с темой 40 ("Моделирование сложных социально-экологических и технических систем на основе перспективных информационных технологий") согласно "Тематике координационных планов научно-исследовательских работ (межвузовских научных и научно-технических программ) на 1997-1999 г. ...", утвержденной приказом Министра образования и науки Украины № 37 от 13.02.97, и «Программы развития производства средств индивидуальной защиты работающих и соответствующей научной базы на 1997-2000 годы», в соответствии с постановлением Кабинета Министров Украины от 20.07.95 г. № 535. Она соответствует всем преемственным нормативным актам, которые определяют современную тематику

координационных планов научно-исследовательских работ в данном направлении (в соответствии с Законом Украины "О приоритетных направлениях развития науки и техники" от 11.07.2001 г. №2823-III (2623-14), Постановлением №213 Президиума Национальной Академии Наук Украины от 12.07.2006 "О состоянии и перспективах выполнения целевых программ научных исследований..." и др.) В отраслевых рамках, до 2005 г., она выполнялась в качестве реализации мероприятий Национальной программы улучшения безопасности, гигиены работы и производственной среды до 2005 года, утвержденной Кабинетом Министров Украины, и хозрасчетной научно-исследовательской работы № 1562/99 "Создание устройств автоматического управления оборудованием и исследование шумового фона предприятий с разработкой технических решений по снижению уровня шума в прилегающей селитебной зоне". На современном этапе исследования проводятся по теме госбюджетной научной работы "Повышение безопасности и безвредности труда в строительстве и городском хозяйстве", зарегистрированной в УкрНТИ под № 0108U004538.

Цель работы: разработка методов моделирования акустических процессов для формирования мероприятий борьбы с шумом на пути его распространения. С учетом проблематики работы, при этом возникают такие основные *задачи исследований*:

- 1) обеспечение возможности физического, математического, и аналогового моделирования процессов распространения звука для картографирования шумового режима на территории населенных пунктов и в помещениях;
- 2) оптимизация конструктивных решений и повышения эффективности шумозащитных средств (на основе моделирования), и создание новых устройств звукоизоляции и звукопоглощения.

Объект исследований и предмет исследований. Объектом исследований выступают процессы распространения шума, и способы воздействия на них (снижение шума) с целью обеспечения условий акустического комфорта населения. Предмет исследования – физическое, аналоговое и математическое моделирование акустических процессов.

Методы исследования: В процессе исследований по теме диссертационной работы в период 1995-2012 гг. проведены тысячи натурных измерений уровней звукового давления, создаваемых разнообразными источниками техногенного происхождения, на улицах городов Днепропетровск, Донецк, Киев, Мариуполь, Одесса, Харьков, Черкассы и др. На основании этих данных было осуществлено картографирование шумового режима этих населенных пунктов, а результаты измерений (зафиксированные в контрольных точках спектры шума, общее количество которых измеряется несколькими тысячами) приведены во многочисленных научных работах автора, таких как [9, 47, 48, 50 - 53, 56, 60, 62, 124 - 126, 132 - 136]. Таким образом, теоретические положения соискателя базируются на обширном материале непосредственных авторских натурных измерений городского шума.

В исследовании применен системный подход [49] и использованы следующие методы: аналитический, базирующийся на известных законах излучения и распространения звука; экспериментальный, который использует теорию планирования

эксперимента в направлении определения закономерностей и установления количественных соотношений между факторами, экспертные оценки и имитационное моделирование; эмпирический, в ходе которого изучалась эффективность мероприятий по борьбе с шумом.

Обоснование и достоверность научных результатов обеспечены применением фундаментальных принципов; соответствием исследовательских приемов целям и задачам; качественным и количественным анализом большого объема теоретического и эмпирического материала; полнотой и значимостью данных, собранных в процессе исследования.

Философско-методологической базой исследований диссертационной работы автора является "Концепция Управляемого Вдохновения" - философская система, созданная лично автором [5, 119, 122, 123], которая снимает ограничения мыслительного процесса, позволяет наилучшим образом реализовать творческий потенциал личности и др. Эта методологическая концепция обусловила конкретную формализацию идей и их структурирование в диссертационной работе в виде "дерева решений".

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем.

1) Произведено развитие направления физического моделирования процессов распространения звука, а именно - сформулированы четкие требования подобия при физическом и аналоговом моделировании акустических явлений [6, 7, 15] и созданы новые способы достижения подобия при моделировании акустических процессов [55], которые реализуются за счет:

- изменения параметров среды распространения звука в физических моделях: (масштабирование давления, температуры, варьирование химическим составом газа в зависимости от масштаба линейных размеров модели) - [82];

- обеспечения сходимости эквивалентных промежутков времени в модели и натуре (выполняют запись спектра шума в натурном исследуемом объекте с применением измерительного магнитофона; на модели городской застройки, уменьшенной в c_L раз, воссоздают эту запись со скоростью воспроизведения, в c_L раз большей, чем исходная скорость [45]);

2) Создано новое направление аналогового и квазианалогового моделирования процессов распространения звука, [6, 7], а именно:

- физически и математически обоснована аналогия между процессами распространения звуковых и электромагнитных волн оптического диапазона частот и диапазона радиочастот [6, 7, 78, 109] в заданных граничных условиях;

- изобретен способ такого моделирования, применяющий установленную вышеуказанную аналогию между распространением звука и электромагнитных волн (в т.ч. в диапазоне радиочастот) [78, 104];

- разработана система расчетных соотношений взаимосвязи волновых характеристик звуковых и электромагнитных волн для целей моделирования (т.е. разработана система констант подобия) [15, 111]);

- разработана система критериев подобия и система индикаторов подобия для такой аналогии; осуществлена их проверка [15];

3) Осуществлено развитие направления математического моделирования процессов распространения звука, а именно:

- создана типологическая система, которая описывает разнообразие форм волновых фронтов, их каустики и метаморфозы [16, 22];

- выведены расчетные соотношения, которые связывают интенсивность звука на первоначальном расстоянии от источника, и искомое значение интенсивности на любом другом расстоянии в зависимости от соотношения площадей волновых фронтов [1, 9, 16, 22, 43, 46, 85]; и осуществлена их экспериментальная [4, 51] проверка;

- выведены расчетные соотношения, которые на основании теоретических положений геометрической теории акустики позволяют учесть эффект многократных отражений звука в помещениях [1, 37, 118] и на территориях [1, 39, 128];

- обеспечена возможность картографирования шумового режима с применением современных геоинформационных технологий, за счет построения как двумерных [3, 52, 60, 136], так и трехмерных пространственных карт шума [3, 57] по математическим моделям автора.

4) Усовершенствованы мероприятия борьбы с шумом на пути его распространения акустическими средствами, т.е. звукоизоляцией и звукопоглощением, а именно:

- выдвинуты и обоснованы тезисы о невозможности снижения шума в источнике возникновения до значения нуль дБ (и невозможности полного отказа от борьбы с шумом на пути его распространения), и о совместном действии звукопоглощения и звукоизоляции [8];

- создан способ оперативного регулирования времени реверберации звука в помещениях [12, 74], который позволяет принудительно изменять параметры звукоизолирующей способности звукоизолирующих облицовок;

- математически объяснены процессы ослабления интенсивности звуковых волн в вакуумированной среде в динамике принудительного изменения её параметров, и выведена формула для расчета технических условий, характеризующих вакуумированную полость, в частности, давление газа в ней и др. [12, 74] с целью использования вакуума для снижения шума;

- разработан способ ослабления интенсивности звуковых волн [13, 87, 92, 94, 114, 129], который базируется на использовании физического явления поляризации структурного звука в упругой среде шумозащитного средства;

- физически и математически обоснованы процессы ослабления интенсивности звука при явлении поляризации структурного звука: [13, 14, 19, 21, 28, 35, 92, 94];

- изучена зависимость между микроструктурой пористых материалов и их звукоизолирующей способностью [17, 23, 58], при условии рассмотрения каждой отдельно взятой поры в пористом звукопоглощающем материале как микроскопического вакуумированного сосуда [129];

- физически обоснована принципиальная возможность обеспечения утилизации звуковой энергии, т.е. возможность преобразования её в электрическую энергию для снабжения промышленных потребителей [8, 76, 90, 91, 97, 103], выведены формулы, которые предоставляют возможность количественно оценивать эффективность предложенных устройств [76, 91, 97, 103].

Научная новизна диссертационной работы подтверждена 8 патентами России и 16 патентами Украины, а также 3 решениями на выдачу патентов.

Практическое значение полученных результатов диссертационной работы заключается в следующем.

1) Проведено значительное количество натурных измерений шума в таких населенных пунктах Украины, как города: Киев [60, 62]; Харьков [9, 48, 50, 51, 52, 53, 56, 57]; Донецк [64]; Одесса [125]; Днепропетровск [133]; Мариуполь [134]; Черкассы [132]; село Первомайское Змиевского района Харьковской области [126]. Количество контрольных точек и измеренных в них спектров шума исчисляется тысячами. Эти исследования дают возможность определить состояние акустической безопасности и построить для этих территорий карты шума.

2) На основании экспериментальных данных, полученных в результате собственных исследований, и теоретических изысканий диссертационной работы созданы карты шума г. Киева [60], Харькова [3, 136], Донецка [64] и др. населенных пунктов, в т.ч. трехмерные (объемные) пространственные карты шума [3, 57].

3) Создано необходимое оборудование и методы для выполнения исследований, в т.ч.:

- разработан способ достижения подобия при физическом моделировании акустических процессов [82], повышающий точность и достоверность такого моделирования;

- созданы и усовершенствованы узконаправленные источники излучения звука [68, 70, 73, 81]), которые могут быть использованы как модели ИШ при физическом моделировании акустических процессов;

- созданы устройства аналогового моделирования процессов распространения звука, а именно устройства такого моделирования, которые применяют установленную аналогию между распространением звука и света (в оптическом диапазоне частот) [18, 66, 80, 96, 101]; устройства такого моделирования, которые реализуют установленную аналогию между распространением звука и электромагнитного излучения (в диапазоне радиочастот) [78, 104, 110]; вспомогательные элементы и узлы, такие, как: устройства защитного заземления и зануления электроустановок (в дальнейшем – ЭУ) в трёхфазных сетях электрического тока [67, 79, 83]; и органы управления параметрами модели в виде так называемых амплитудно-пространственных квадрантов: [69, 77];

4) Изобретены и созданы новые конструкции шумозащитных средств, а именно: звукоизолирующие панели и элементы [88, 89, 102]; шумоизолирующий коффердам [72, 127]; устройство направленного приема звуковой энергии [75]; средство индивидуальной

защиты органов слуха [68]; звукоизолирующая панель с максимально возможной звукоизолирующей способностью [35, 71, 88, 100];

5) Созданы устройства, которые обеспечивают утилизацию звуковой энергии вместе с борьбой с шумом, а именно звукоутилизирующая панель [90] и её разновидности - "Утилизатор звуковой энергии"[91]; звукопреобразующая панель [76].

Каждое из разработанных автором вышеуказанных устройств представляет собой полностью завершённую и работоспособную конструкцию и может использоваться для своей цели.

6) Созданы соответствующие компьютерные программы для: расчета параметров многослойных панелей "сэндвич" [19, 21]; для расчета многократных отражений звука в помещениях с применением соотношений, которые выведены автором [1, 37]; для расчета углов падения звука на препятствия относительно поверхности грунта, при которых основную роль при отражении звука начинают играть горизонтальные поверхности [1, 34, 39, 128]; для расчета экономического эффекта шумозащитных мероприятий [10, 40].

Научные результаты внедрены:

1. В научно-исследовательскую работу студентов (автор диссертации - руководитель секции "Охрана работы" студенческого научного общества ХНАГХ; в период 1995-2011 г. под его личным руководством подготовлено более чем 60 докладов студентов на 20 студенческих научных конференциях, осуществлены многочисленные научные публикации вместе со студентами и др.).

2. В разработку дипломных проектов и магистерских работ, выполненных студентами кафедры БЖД ХНАГХ (единоличное руководство автора диссертации - более 50 дипломных проектов и магистерских работ; в качестве консультанта по разделу "Охрана работы" в дипломном проектировании (совместное руководство) - более 1000 дипломных и магистерских работ).

3. В учебный процесс при чтении лекционных курсов по дисциплинам "Безопасность жизнедеятельности", «Основы охраны труда», "Охрана труда в отрасли" в ХНАГХ.

4. В госбюджетную тематику ХНАМГ (тема: "Повышение безопасности и безвредности труда в строительстве и городском хозяйстве"; отчеты по госбюджетной тематике ХНАГХ 1995-2012 гг. , реестр. УкрНТИ № 0108U004538).

Личный вклад соискателя. Научные и практические результаты диссертационной работы, которые выносятся на защиту, получены автором самостоятельно. Автор разработал философскую базу и методологию своих исследований, на основании чего разработал их программу и сформулировал конечную цель, после чего приступил к её осуществлению. Являясь генератором идей, инициатором и главным исполнителем своих предложений, автор принимал непосредственное участие в разработке способов и моделей, выполнении расчетов и экспериментов, их проведении, анализе и обработке данных. Изобретательская деятельность автора предусматривала единоличную генерацию им научных идей, которые потом легли в основу созданных им разработок, выдвижение

научных гипотез и т.п. согласно авторской "Концепции Управляемого Вдохновения" [5, 119]. Во всех исследовательских работах его роль была определяющей. Как правило, автор занимался формулированием цели и постановкой задач исследований, анализировал и обобщал полученные результаты. Наиболее важные ведущие идеи, которые составляют основную суть диссертации, выдвинуты лично автором. Также собственноручно им выполнены все экспериментальные исследования - натурные измерения уровней шума на территории городов.

Имея художественные способности (в т.ч. трехмерная компьютерная графика), единолично и собственноручно выполнил все без исключения чертежи, рисунки и иллюстрации, которые приведены в диссертации и всех других его печатных работах. Автор дизайна обложек и художник-иллюстратор всех без исключения своих книг. Также единолично и собственноручно выполнены автором все мероприятия в области компьютерного программирования, системного администрирования и использования вычислительной техники в его исследованиях.

В результате все без исключения 11 книг, т.е. монографии [1 - 4], книги [5 - 11] – основные научные труды, являющиеся наиболее объемными публикациями, - написаны автором единолично. Некоторые второстепенные идеи, которые дополняют, раскрывают и распространяют область применения единоличных разработок, выдвинуты автором диссертационной работы в соавторстве с другими научными работниками. Другие публикации, которые популяризируют, шире раскрывают содержание, дают представление о полученных результатах - подготавливались в печать как лично, так и в соавторстве с другими специалистами. Автор диссертационной работы, обладая правом собственности полученных ими патентных документов, выступал в роли научного руководителя в проектных и технических разработках. Привлеченные им специалисты осуществляли помощь в решении локальных технических вопросов.

Таким образом, из всего общего количества 138 научных работ 73 являются единоличными публикациями, (на которые приходится более чем 90% общего объема, вычисленного в печатных листах), а 65 научных работ (т.е. 10% объема) написано в соавторстве.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы, её идеи, достижения, и результаты были доложены автором на:

1. Научно-технических конференциях преподавателей, аспирантов и сотрудников ХНАГХ, г. Харьков: XXX – 2000 г. [107]; XXXII - 2004 г. [112], XXXV – 2010 г. [130, 131, 132].
2. Международных экологических конгрессах «Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности». Санкт-Петербург: 16-18 июня 1999 г. [105]; 14-16 июня 2000 г. [106].
3. Международной научно-практической конференции «Устойчивое развитие городов». Харьков, 28.02.2002 – 1.03.2002 г.: [16].
4. Первой областной конференции молодых научных работников „Тебе, Харьковщина, - поиск молодых”, в рамках форума „Образование, наука, производство –

пути интеграции”, 19-20.03. 2002 г.: [109]. (Получен почетный диплом "За активное участие в работе конференции...").

5. Научно-методических конференциях "Безопасность жизнедеятельности". Харьков, Союз специалистов безопасности жизнедеятельности: 2001 г. - [108]; 2002 г. - [110]; 2004 г. - [111]; 2005 г. - [114]; 2007 г. - [120]; 2008 г. - [122], 2009 г. - [128].

6. Всеукраинской научно-практической конференции «Современное социокультурное пространство», Киев, 2004: [113].

7. Международном научно-техническом семинаре «Актуальные проблемы акустической экологии и защиты от шума», Севастополь, 2006: [115].

8. II и III международных семинарах "Методы повышения ресурса городских инженерных инфраструктур", Харьков, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (ХНУСА): 2006 [30]; 2008 [48].

9. Всеукраинской научной конференции по проблеме формирования личности архитектора-учёного, Харьков, ХНУСА, 2006: [33].

10. II международной научно-практической конференции «Стратегические вопросы мировой науки – 2007». 15-28.02. 2007: Днепропетровск: «Наука и образование» [116].

11. VI международной научно-методической конференции. Киев, Национальный авиационный университет (НАУ), 15-16.03.2007: [117].

12. Конференции «Качество жилой среды». 16.06.2007. Днепропетровск, Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры (ПГАСиА): [35].

13. IV межрегиональной научно-практической конференции "Психологические и технические аспекты безопасности труда, жизни и здоровья человека". Полтава, Полтавский военный институт связи, 15.05.2007: [118].

14. III Международной научно-практической конференции "Эффективные инструменты современных наук - 2007", г. Днепропетровск, "Наука и образование", 3-15.05. 2007: [119].

15. 2-й международной научно-технической конференции "Математические модели процессов в строительстве", Луганск, 2007: [38].

16. II, III и IV Международных научно-практических конференциях «Безопасность жизнедеятельности человека как условие постоянного развития современного общества», (организатор - Международная академия безопасности жизнедеятельности): II - Днепропетровск, 14-15.06.2007 [41, 42]; III-Харьков, 15-16.10.2009, [57]; IV-Киев, 8-10.05.2011, [62].

17. Международной научно-технической конференции "Внедрение инновационных технологий и перспективы развития систем теплогазоснабжения и вентиляции" 19-21.11. 2008, Харьков, ХНАГХ: [121].

18. На Всеукраинской научно-практической конференции "Оптимизация научных исследований - 2009", Национальный университет кораблестроения (НУК) им. адмирала Макарова, Николаев, 17.06.2009: [123].

19. Vmezinárodní vědecko - praktická konference "Aplikované vědecké novinky - 2009".

("Прикладные научные разработки-2009"). Прага, Чехия, 27.07-05.08. 2009: [124].

20. V Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Nauka: teoria i praktyka - 2009». ("Наука: теория и практика". Польша), Przemysł. Nauka i studia, 2009: [125].

21. Международни научно практични конференции "Новости вот научния напредък-2009, 2010". Болгария, София: V - 17-25.08. 2009 [126]; VI - 17-25.03. 2010 [133].

22. Всеукраинской научно-практической конференции "Передовой научно-практический опыт - 2009". Николаев: НУК им. адмирала Макарова, 17.09.2009: [127].

23. IV международной научной конференции "Ресурс и безопасность эксплуатации конструкций, зданий и сооружений" Харьков, ХНУСА, 20-22.10. 2009: [51].

24. IX международной научно-технической интернет-конференции "Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве", Харьков, 25.11-25.12. 2009: [129].

25. Международных научно-практических конференциях «Эффективные организационно-технологические решения и энергосберегающие технологии в строительстве», Харьков, ХНУСА: 20-21.04. 2010 [56]; 27-28.04. 2011 [61].

26. VI Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji "Naukowoprzestrzec" Europy-2010". Przemysł: Nauka i studia [134].

27. VI Mezinárodní vědecko-praktická conference "Dny vědy-2010" 27.03. 10-05.04.10. Прага, Чехия [135].

28. VI mezinárodní vědecko-praktická konference "Aktuální vymoženosti vědy - 2010", Прага, Чехия, 27.06. 2010-05.07. 2010: [137].

29. Международной научно-практической конференции "Безопасность жизнедеятельности в окружающей и производственной средах". Х.: ХНАГХ, 2011: [136].

30. III международной научно-практической конференции «Безопасность жизнедеятельности в XXI столетии». Дн-ск, ПГАСиА, 19-20.10. 2011: [64].

31. XIX международной научно-практич. конференции «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье: MicroCAD-2011», Харьков, НТУ «ХПИ», 01-03.06.2011: [138].

32. Международной научно-практич. конференции «Технічний прогрес в АПК», Харьков, ХНТУСГ им. Петра Василенка, 2012: [62].

На IX - XIII международных фестивалях "Мир книги", в г. Харькове, ХАТОБ, прошли презентацию книги автора: [7] - на IX, 26-28.04. 2007 г.; [2, 8] - на X юбилейном фестивале, 17-19.04. 2008 г.; [5] - на XI, 23-24.04. 2009; [10] - на XII, 22-24.04. 2010; [11] - на XIII, 28-30.04.2011; где все они ежегодно экспонировались в числе новейших научных публикаций на выставочном стенде издательства "Парус", и были представлены на выставках-продажах новых книг в рамках тех же фестивалей.

Материалы диссертационной работы представлены во всемирной сети Internet на web-сайте автора <http://www.abrakitov.narod.ru>, сайте ХНАГХ www.ksame.kharkov.ua и на других web-сайтах, таких, как <http://www.patronica.ru>, <http://sibpatent.ru>, и др. Электронные версии всех без исключения научных работ автора также представлены в Интернете.

Материалы диссертационной работы публиковались в популярных научно-

периодических изданиях: "Украина: аспекты труда. Научный экономический и общественно-политический журнал" [95], и „Городское хозяйство Украины: Массовый информационный производственно-технический журнал”, [97]; в отраслевом журнале "Безопасность жизнедеятельности" [99].

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 138 печатных работ, из которых – 22 в иностранных государствах (Польша (2), Чехия (3), Россия (14), Болгария (2), Казахстан (1)), в том числе:

- монографии – 4 [1, 2, 3, 4] (все без исключения - единоличное авторство);
- другие книги – 7 [5 - 11] (все без исключения - единоличное авторство);
- статьи в научных сборниках, утвержденных Президиумом ВАК Украины как профессиональные издания – 54 [12-64] (в т.ч. 28 единоличные; 26 в соавторстве);
- статьи в других научно-периодических изданиях (в т.ч. зарубежных) – 8 [93 - 100] (в т.ч. 2 единоличных; 6 в соавторстве);
- информационные листки – 3 [101 - 103] (в т.ч. 1 единоличный; 2 в соавторстве);
- тезисы докладов на научных конференциях – 35 [104-138] (в т.ч. 25 единоличные; 10 в соавторстве), в т.ч. 9 международных конференций, проведенных за границей [105, 106, 124 - 126, 133 - 135, 137];
- патенты на изобретения (Россия) – 8 [66-73], и решение на выдачу патента (Россия) – 3 [90-92] (в т.ч. 2 единоличные, 9 в соавторстве);
- патенты на изобретения (Украина) – 10 [74-83], декларационный патент - 1 [84], патенты на полезную модель - 5 [85, 86, 87, 88, 89] (в т.ч. 4 единоличных, 12 в соавторстве).

Структура и объем диссертации. Диссертация включает в себя вступление, 7 разделов, окончание (выводы), список литературы и приложения. Диссертация насчитывает вступление на 21 странице, 298 страниц основного текста, 39 фигур чертежей на 31 странице, 2 таблицы на 3 страницах. Общее количество пронумерованных страниц - 395. В список основной использованной литературы и примененных патентных документов входят 362 наименования, в том числе 9 зарубежных, на 33 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первом разделе диссертационной работы поставлена её проблематика и рассмотрены вопросы основных взаимосвязанных направлений, в которых развивались исследования автора [49].

Выявлено, что звук осуществляет прямое воздействие на сердечно-сосудистую систему человека [1, 117]. Исследовано также разрушительное влияние шума на неживые объекты. На молекулярном уровне следует говорить о вынужденных колебаниях структурных элементов любого вещества под влиянием внешнего шума [1, 11, 30, 38, 42].

Исследования в области уточнения степени вредности шума представляют собой медицинскую тематику, и поэтому рассматриваются в диссертационной работе в обзорной главе в качестве обоснования необходимости борьбы с шумом, её актуальности и т.п. Основные усилия автора, вынесенные на защиту, были сконцентрированы, в основном, по

двум последним позициям логической схемы (рис. 1). Они позволяют сформулировать её проблематику.

Первая проблема работы – это моделирование процессов распространения звука на пути от источника к объекту, который нуждается в защите, (т.е. проблема прогнозирования, картографирования, оценки шумового режима возможности изучения эффекта вариабельности разных шумозащитных средств и др. [25]). Речь идет о необходимости создания комплексной и взаимозависимой иерархической методики моделирования разнообразных акустических процессов и явлений [109], комплексно охватывающей все этапы: от наиболее высшего уровня – (распространение шума на территории застройки, составление карт шума города в целом и т.д.), до низшего – (процессы снижения шума в отдельно взятом одном акустическом препятствии) [26]. Идя по пути индукции, безусловно, можно заключить, что низший уровень – (снижение шума в конечном месте его распространения), сопоставляясь с множеством аналогичных процессов на параллельных и вышестоящих уровнях (снижение шума акустическими экранами, деревьями и т.п.) [41], определяет в конечном итоге общую картину распространения шума на территории города. Но сейчас, на нынешней стадии развития прикладной теории акустики эта связь оказывается разорванной [98].

Решению этой актуальной и наболевшей проблемы и посвящена диссертационная работа. Можно констатировать актуальную необходимость создания единой и цельной теории, которая обобщает предыдущие достижения в области моделирования процессов распространения звука, и позволяет достичь новых, еще неявных прикладных целей [107]. В наиболее общем виде логическую цепочку применения её результатов можно представить так: моделирование процессов распространения звука → конструирование разных шумозащитных средств → применение их в разных устройствах прикладного назначения. Такая цепь должна быть довольно разветвленной, многоуровневой, вариабельной, способной оперативно реагировать на внутренние изменения в моделируемой среде, - (так называемая обратная связь), и давать приложения практических результатов в области акустической экологии [2].

Вторая проблема заключается в том, что недостаточно знать, как именно распространяется шум [111], надо еще вести борьбу с ним, т.е. конструировать противозумовые средства [108]. Хотя эти проблемы и тесно связаны между собой, каждая из них требует совсем разных путей решения, ставит разные задачи и др.

Ознакомление с проблематикой исследований и её конкретизация позволяют определить основные задачи диссертационной работы. Они определены в конце раздела 1.

В т о р о й р а з д е л диссертационной работы посвящен проблемам размежевания областей применения физического, аналогового и математического моделирования [98], и созданию расчетных соотношений, которые связывают адекватные волновые характеристики предложенных физических и аналоговых моделей процессов распространения шума.

Если мы изначально имеем какое-либо качественное описание исследуемой системы, - то, базируясь на нем, исходя из набора исходных данных (местоположение ИШ, создаваемые ими уровни звукового давления, конфигурация акустических препятствий, и др.), можем определить интересующие нас количественные параметры. Тогда мы можем воспользоваться математическим моделированием, допускающим изначальное знание качественных особенностей исследуемого процесса, и необходимость определения на базе этого количественных аспектов (уровней звукового давления в расчетных точках) [120].

Возможен такой случай, когда мы не имеем ни количественных параметров (за исключением незначительного количества исходных данных), ни качественных [113]. Когда неизвестны ни качественные особенности исследуемого процесса, ни количественные - мы просто вынуждены использовать физическое или аналоговое моделирование [98, 122].

Рассмотрены известные критерии подобия при физическом моделировании процессов распространения шума, при этом сделан вывод, что их система неполная и нуждается в существенном дополнении [2, 6, 7, 15, 55].

Предложен способ достижения подобия при физическом моделировании процессов распространения звука, при котором обеспечивают подобие эквивалентных промежутков времени в модели и натуре за счет того, что выполняют запись спектра шума в натурном исследуемом объекте с применением измерительного магнитофона; на модели городской застройки, уменьшенной в c_L раз, воссоздают эту запись со скоростью воспроизведения, в c_L раз большей, чем исходная скорость [45, 55].

Выявлена необходимость изменения параметров среды распространения звука в физических моделях: (масштабирование давления, температуры, варьирование химическим составом газа в зависимости от масштаба линейных размеров модели) [82]. Практически это означает, что подобные эксперименты необходимо делать в барокамере [2, 82].

Дальше объяснены сходимость натуральных и модельных акустических процессов как результат аналогии волновых характеристик в натуре и модели [1, 2, 15]; аналогии волновых явлений в натуре и модели [2, 6, 7, 31, 32].

Такой теоретический подход позволяет применять не только физическое, а и аналоговое моделирование [31, 96]. При физическом моделировании натуральный звук имитируется на модели также звуком (при том нужно соблюдать требования подобия); при аналоговом моделировании натуральный звук имитируется на модели другим видом излучения [1, 2, 6, 7].

Соблюдение первого из вышеуказанных условий дает возможность связать между собой количественные характеристики в натуре и модели каким-то масштабным соотношением [15]; соблюдение второго - обеспечивает адекватность качественных характеристик природы и модели [2]. При этом соблюдение первого условия не всегда гарантирует вслед за ним автоматическое соблюдение второго: (хотя, теоретически, пропорционально изменив все без исключения волновые характеристики в модели

относительно натуральных, мы должны получить пропорционально уменьшенное или увеличенное волновое явление, которое моделируется? [33])

Для обоих случаев потребовалось создание системы констант подобия, которая связывает адекватные элементы модели и натуры (обеспечение первого условия из вышеуказанных - аналогии волновых характеристик в натуре и модели). Система формул, выведенная автором [15, 45, 55], связывает адекватные параметры аналоговой модели и натурального звукового излучения через некоторые масштабные параметры, позволяет градуировать измерительные устройства на модели, и численно оценить характеристики распространяемого излучения.

Число основных констант подобия, (обозначенных как c_L , c_T , c_m , и др.), принято равным 7, а другие масштабные соотношения формулируются по известным зависимостям физических величин и представляют собой комбинацию этих семи основных констант подобия. Так, например, адекватные величины давления (в т.ч. звукового) в модели P_m , Па, и натуре P_n , Па связаны между собой соотношением:

$$P_m = c_m \cdot c^{-2} \cdot c_T^{-1} \cdot c_L \cdot P_n,$$

а адекватные уровни интенсивности звука L_m и L_n в модели и в натуре могут быть приравнены между собой:

$$L_m = L_n = 10 \lg \frac{c_m \cdot c^{-3} \cdot c_T \cdot I_n}{c_m \cdot c^{-3} \cdot c_T \cdot 10^{-12}}, \text{ дБ},$$

для чего в моделях предложено наше изобретение [82]. Вместо неудобной на практике предыдущей зависимости также может быть использована другая:

$$\begin{cases} I_{0m} = I_{0n} = I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2 \\ L_m = 10 \lg \frac{c_m \cdot c^{-3} \cdot c_T \cdot I_m}{I_0} = 10 \lg \frac{c_m \cdot c^{-3} \cdot c_T \cdot I_m}{10^{-12}}, \text{ дБ} \\ L_m \neq L_n, \text{ дБ} \end{cases}$$

при которой адекватные уровни интенсивности звука связаны между собой некоторой условной масштабной пропорцией.

Раздел сопровождается математическими выкладками, которые описывают взаимосвязь величин при переходе от одной выведенной автором зависимости к другой.

Следует отметить, что еще задолго до исследований автора существовали известные требования подобия при моделировании волновых процессов и распространении излучений. Система расчетных соотношений, созданная автором, органически вплетается в такую существующую систему требований подобия, дополняет, и расширяет их. Новая часть скорректированных требований подобия, обладающая научной новизной, запатентована в виде изобретения [82].

Дальнейший материал второго раздела касается аналоговых моделей акустических процессов (распространение шума на территориях и в помещениях). Предусмотрена возможность моделирования звука электромагнитными волнами [6, 7, 78, 109], а именно:

светом (наглядная визуализация теней) [66, 80]; инфракрасным излучением [1]; радиоволнами (любой масштаб) [78].

Эквивалентность адекватных волновых характеристик в натурном физическом процессе и в его аналоговой модели установлена, т.е. количественные характеристики модели можно получить из адекватных характеристик природы за счет масштабного пересчета. Формальные математические требования соблюдаются; но справедлива ли физическая сущность? Чтобы ответить на этот вопрос, автором была исследована аналогия волновых явлений в модели и натуре в целях физического и аналогового моделирования.

Работы [2, 6, 7] посвящены исследованию аналогии волновых процессов, характеризующих распространение звуковых и электромагнитных волн. Хотя звук (упругие волны) и электромагнитные волны имеют разную природу, они подчиняются единым волновым закономерностям. Составлен перечень наиболее распространенных и типичных волновых явлений, имеющих важное значение для создания аналоговых моделей, и предложено осуществить замену натурального звукового излучения ЭМИ в элементах модели, адекватных натурным. Подробно рассмотрены волновые явления из этого перечня (как для звука, так и для ЭМИ); выявлены их особенности, которые могут существенным образом повлиять на процессы распространения волн в модели. Основные авторские научные работы [2, 6, 7] сопровождаются подробным описанием каждого волнового явления; в диссертации приведено их краткое резюме. Следует сделать вывод об определенной аналогии волновых явлений звукового и электромагнитного излучений [93]. Изучая ЭМИ, можно встретить волновые явления, которые по аналогии могут быть характерны и для звукового излучения; но именно для звука они совсем не исследованы или мало исследованы: (например, поляризация звука, дихроизм звука и т.п.)

Для большинства характерных волновых явлений можно считать, что они имеют адекватный характер как в натурном звуковом, так и в модельном ЭМИ. Указанная аналогия является достаточным теоретическим основанием для аналогового моделирования процессов распространения звука процессами распространения ЭМИ.

Т р е т ь и й раздел диссертационной работы посвящен проблеме конструирования конкретных устройств аналогового и квазианалогового моделирования процессов распространения звука за счет замены натурной среды распространения звуковых волн, и натуральных источников шума (ИШ) модельными. Звуковое натурное излучение в реальной городской застройке заменяется в уменьшенной модели такой застройки ЭМИ, исходные характеристики которого подбирают пропорционально адекватных характеристик натурального звука с осуществлением расчетных соотношений, описанных в предыдущем разделе диссертационной работы. Система вышеуказанных констант подобия [15] используется также при построении элементов самой модели, и подборе физических характеристик среды распространения модельного излучения.

В отличие от известного устройства визуализации картины зашумленности городской застройки [66, 80], предусматривающего замену звукового излучения в натуре распространением света в модели, и регистрацию зон акустической тени (в виде

адекватных световых теней) фотографическим способом, т.е. фиксацию интерференционных и дифракционных картин за счет фотопленки, создано новое устройство, которое реализует регистрацию акустической тени современным электронным способом, т.е. за счет сканера, подключенного к компьютеру [96, 110]. Возможно изменять частоту излучения, которое моделируется, за счет подбора соответствующих длин волн светового излучения λ_r . Например, при исследовании распределения низкочастотных составных натурального звукового излучения и инфразвука на модель ИШ в виде источников света (ИС) одевают красный светофильтр; при исследовании распределения высокочастотных составных натурального звукового излучения и ультразвука на модель ИШ в виде источника света одевают фиолетовый светофильтр и т.п., подбирая необходимые длины из известного основного соотношения подобия $\lambda_r = \lambda_n \cdot c$ [31, 99].

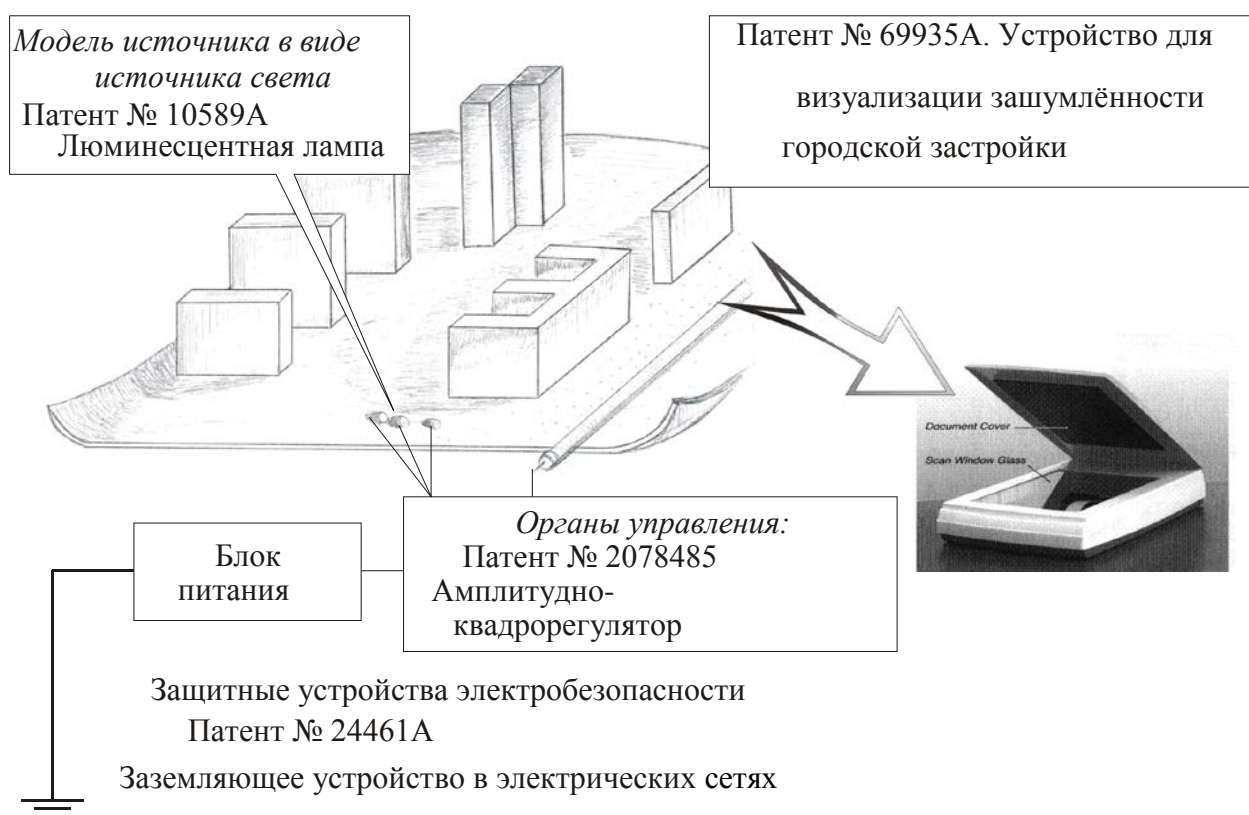


Рис. 2 - Общий вид устройства, которое предлагается в [96]

Моделировать распространение звука внутри помещений таким способом довольно сложно, но моделировать распространение звука на территории городской застройки с соблюдением подобия вполне возможно. Возникает необходимость в увеличении масштаба моделей [98]. Масштаб модели может быть увеличен за счет использования более длинных волн, т.е. перехода в инфракрасную (ИК) область спектра с использованием контактных термоиндикаторов вместо средств регистрации света. Предложено устройство визуализации и картографирования зон зашумленности городской застройки с недискретным способом регистрации распределения моделируемой энергии, по поверхности модели объекта [1] с заменой натурального звукового излучения, но не светом видимого диапазона, а ИК-излучением, с принципиальным различием в конструкции

средств регистрации зон теней ИК-излучения.

Дальнейшее развитие идеи - создание принципиально нового способа аналогового моделирования процессов распространения звуковых волн согласно [78], включающего моделирование процесса распространения звуковой энергии на модели исследуемого объекта и измерение её величины в контролируемых местах модели. При этом волновой процесс распространения звуковой энергии моделируют радиоволнами, и измеряют напряженность электромагнитного поля, причем в качестве модели ИШ используют радиопередатчик с передающей антенной, а в качестве средства измерения величины энергии, - радиокомпаратор. Способ позволяет изготавливать модели любого масштаба с четким соблюдением требований подобия [104]. Количественно оценить распределение моделируемой энергии в разных местах контроля на модели можно путем измерения напряженности.

Все устройства моделирования, как и другие предложенные устройства, имеют энергетическое питание от источников электрического тока. Поэтому существует опасность поражения человека (например, экспериментатора), электрическим током. В связи с этим создана конструкция защитного заземления [67, 83] и зануления [79].

Устройства моделирования имеют многочисленные модели ИШ (напр., [33]). Нужен простой метод регулирования амплитудно-частотных характеристик нескольких устройств излучения одновременно, и прибор такого регулирования, который имел бы возможность корректировать громкость нескольких источников излучения в объеме (например, многоканальный регулятор громкости). Решение этой проблемы - амплитудно-пространственный квадрегулятор [77, 69], он может быть использован также и в качестве джойстика в персональном компьютере, и др.

Разработанные и сконструированные устройства аналогового моделирования позволяют решить проблему картографирования шумового режима.

Результаты таких исследований [18] приведены на рис. 3 на примере одного из экспериментов по моделированию распространения шума на городской территории.

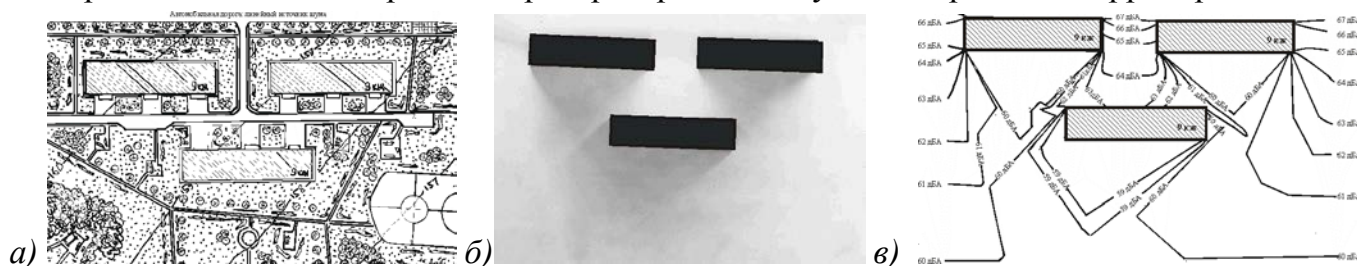


Рис. 3 - а) Конкретная градостроительная ситуация в зоне, которая подлежит исследованию (исходные данные); б) средство регистрации распределения моделируемой энергии, на поверхности модели в конкретной градостроительной ситуации (негатив); в) карта шума, полученная в результате анализа проведенного эксперимента. Точки с одинаковыми значениями уровня звука, выраженными в дБА, на ней соединены линиями.

Рис. 3.б, полученный в ходе эксперимента, представляет нерасшифрованную недискретную картину визуализации зашумлённости городской застройки, полученную за

счет имитации процессов распространения звуковых волн в натуре модельными процессами распространения ЭМИ (Наглядно видны зоны акустической тени от трех домов, возникающие при этом интерференционные и дифракционные явления, и спад интенсивности звука по мере удаления от ИШ); и её расшифровку.

Зоны звуковой тени на рис. 3.6 представлены адекватными им зонами световой тени 3.б. При этом интенсивность окраски полученной картины пропорциональна интенсивности моделируемого излучения. Поэтому проекции моделей домов на модель территории на снимке выходят затемненными. Спад уровней звука осуществляется вглубь микрорайона, в меру удаления от автомобильной дороги, которая является его основным источником. Зоны акустической тени за домами имеют четко выраженную треугольную форму 3.в. В результате интерференции звуковых волн, и смоделированного в результате экспериментов уклона местности треугольники звуковой тени не равнобедренные, (как это можно было бы ожидать теоретически), имеют своеобразные отклонения от правильной геометрической формы, и т.п. свои специфические особенности, которые возможно визуализировать исключительно именно с помощью аналогового моделирования. Вопросам достоверности такого моделирования посвящены работы [7, 24].

В четвертом разделе диссертационной работы предоставлены теоретические разработки автора в области математического моделирования процессов распространения шума. Показано, что в свободном полупространстве фронт звуковой волны, излучаемой ИШ в виде прямоугольного параллелепипеда с размерами $A \times B \times C$, м (такая форма условного ИШ аппроксимирует форму большинства реальных источников), непрерывно распространяясь, имеет форму, показанную на рис 4. Находясь на расстоянии R , м от ИШ, причём это расстояние связывается с другими параметрами зависимостью, связывающей время распространения звуковой волны T , с, и скорость распространения волны c , м/с, (которая равняется произведению длины волны λ , м на частоту f , Гц) [2]:

$$T = \frac{R}{c} = \frac{R}{\lambda \cdot f}, \text{ с,}$$

характеризуется площадью волнового фронта, определяемой по формуле:

$$S = AB + 2AC + 2CB + 2\pi R^2 + \pi RA + \pi RB + 2\pi RC, \text{ м}^2.$$

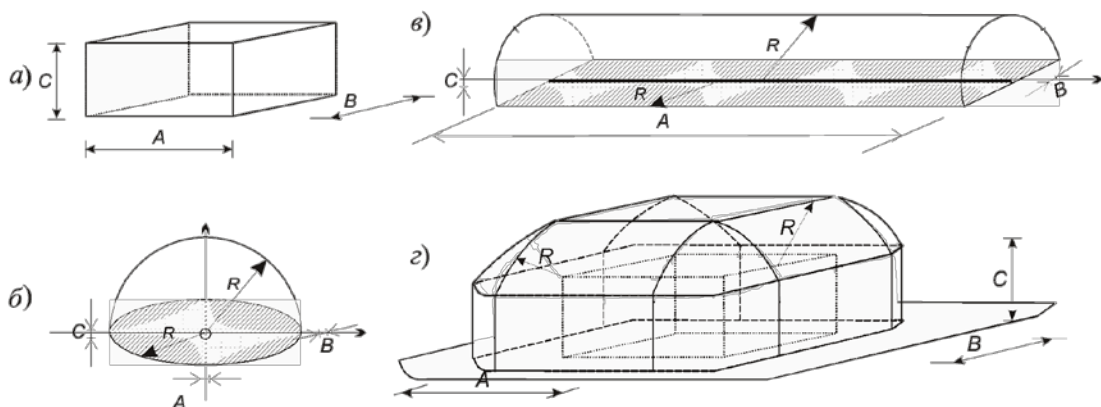


Рис. 4 - Источник излучения в форме прямоугольного параллелепипеда размерами $A \times B \times C$ (а) и формы волновых фронтов от него (в полупространстве): от точечного (б),

линейного (ϵ) и пространственного (z) источников

При распространении фронта его площадь непрерывно увеличивается, звуковая энергия распределяется по такой увеличивающейся поверхности; это приводит к постепенному уменьшению интенсивности в зависимости от расстояния (от контрольной точки на поверхности фронта к источнику). На значительных расстояниях от ИШ возможны два наиболее частых случая: когда их размеры $A \approx B \approx C \rightarrow 0$, что позволяет рассматривать такой ИШ как точечный; и $A \rightarrow \max$, $B \approx C \rightarrow 0$, что позволяет рассматривать такой ИШ как линейный. В таком случае вышеприведенная формула, описывающая площадь фронта ИШ, превращается в формулу площади полусферы или полуцилиндра соответственно, и при переходе к вычислению абсолютных значений интенсивностей звука (а после - относительных логарифмических уровней звука) приводит к известным зависимостям уменьшения уровней на удвоенном расстоянии от ИШ, $= 6$ дБ от точечного и $= 3$ дБ от линейного источников соответственно, полученных эмпирическим путем. Основным параметром, который определяет искомый уровень в любой расчетной точке (РТ) на определенном расстоянии R , м от источника, является площадь волнового фронта, который проходит через эту РТ. Поэтому, вычислив площадь фронта на определенном расстоянии R , м от ИШ любой сложной конфигурации, имеем возможность вычислить интенсивность звука I , Вт/м² в этой РТ, и, (переходя от абсолютных единиц к относительным логарифмическим), оценить ожидаемый уровень в этой РТ: (уровень звукового давления L , дБ).

Предложен и разработан [1, 16, 43, 85] способ определения интенсивности излучения в контрольной точке, расположенной на необходимом расстоянии R , м от источника, который включает определение исходного значения интенсивности I_0 , Вт/м² в точке, расположенной на изначально заданном расстоянии R_0 , м от того же источника, согласно которому вычисляют площади волновых фронтов S , м² на необходимом расстоянии R , м от источника и S_0 , м² на первоначально заданном расстоянии R_0 , м от того же источника, и определяют искомую интенсивность I , Вт/м² в зависимости от соотношения площадей волновых фронтов:

$$I = I_0 S_0 / S, \text{ Вт/м}^2.$$

Переходят от абсолютных значений интенсивности I , Вт/м² к относительным логарифмическим уровням, и определяют уровень интенсивности звука L , дБ в зависимости от соотношения площадей волновых фронтов:

$$L = L_0 - 10 \lg(S/S_0), \text{ дБ}.$$

Но такая математическая модель процессов распространения звука была бы не совсем корректной из-за недостаточного учета особенностей распространения звука в виде каустик [22, 46]; многократных отражений звука от ограждающих поверхностей [32]; углов наклона отражающих поверхностей [128].

Таким образом, при правильности концептуального подхода (математическая модель процессов распространения звука, которая на основании положений

геометрической акустики строится за счет описания фронта звуковой волны) такой фронт видоизменяется за счет каустик, многократных отражений звука от ограждающих поверхностей, и их углов наклона. Первоначальная формула, положенная в основу модели, должна быть усовершенствована. Это и нашло отражение в работах [22, 46].

На основании положений геометрической теории акустики разработана методика акустических расчетов с учетом многократных отражений звука. В работах [1, - с. 327-341], [34, 39] выведены расчетные формулы, которые описывают переотражение звука в стесненных условиях городской застройки. В работах [12, 37, 74, 118] выведены расчетные формулы для вычисления времени реверберации звука в помещениях.

На основании выведенных расчетных соотношений построены математические модели процессов распространения звука [1]. Предложена [37, 118] новая методика расчета времени реверберации звука в помещениях, основанная на выведенных автором формулах, таких, как:

$$T = \frac{4V(2 + \log \sum_{i=1}^i \frac{\rho_{\Delta i} S_i}{S} - \alpha_{\text{воздух}}) 10^{-6}}{S \cdot c} = \frac{4V(2 + \log (1 - \alpha_{\text{воздух}} - \sum_{i=1}^i \frac{\alpha_{\Delta i} S_i}{S}) 10^{-6}}{S \cdot c}, \text{ с.} \quad (1)$$

Здесь: T - общее время реверберации звука в помещениях, с; t - среднее время распространения звука между двумя последовательными отражениями, с; R - средняя длина свободного пробега звуковой волны между двумя последовательными отражениями, м; V - объем помещения, м³; $\alpha_{\text{воздух}}$ - коэффициент уменьшения интенсивности звуковой волны в среде, где она распространяется (например, воздухе); ρ - средний коэффициент отражения; $\rho_{\Delta i}$ - коэффициенты отражения каждого из i -х конструктивных элементов, каждый из которых характеризуется своей площадью поверхности S_i , отражающей звук; α_{Θ} - средний коэффициент звукопоглощения; $\alpha_{\Delta i}$ - коэффициенты звукопоглощения каждого из i -х конструктивных элементов (ограждающих конструкций), отражающих звук, каждый из которых характеризуется своей площадью поверхности S_i , которая отражает, поглощает и пропускает через себя звук; $S = \sum_{i=1}^i S_i$ - общая площадь поверхностей, которые отражают звук, м²; c - скорость распространения звука, м/с; λ - длина волны, которая подвергается реверберации, м; f - частота волны, которая подвергается реверберации, Гц.

Формулы автора отличаются от формул Сэбина и Эйринга, построенных на базе статистической теории с её эмпирическими зависимостями. Формула для расчета времени реверберации звука построена на положениях геометрической акустики. Компьютерное моделирование с использованием современных средств позволяет построить любое необходимое количество: тысячи, миллионы, миллиарды ходов лучей, учесть коэффициенты отражения и поглощения поверхностей в каждом случае; учесть их наклон; просчитать ослабление интенсивности на каждом этапе в каждой точке и т.п.

Такие теоретические предпосылки (учет описания формы фронта от каждого отдельного ИШ в разработанной математической модели) послужили основой для создания компьютерной программы для расчетов уровней шума в производственных

помещениях и на внешней территории [1, 37, 118].

Пятый раздел посвящен практической деятельности автора в области картографирования шумового режима, т.е. апробации и экспериментальной проверке теоретических положений акустического моделирования, которые изложены выше.

Исследования построения карт шума делились на два последовательных этапа - полевой и камеральный (рис. 5).

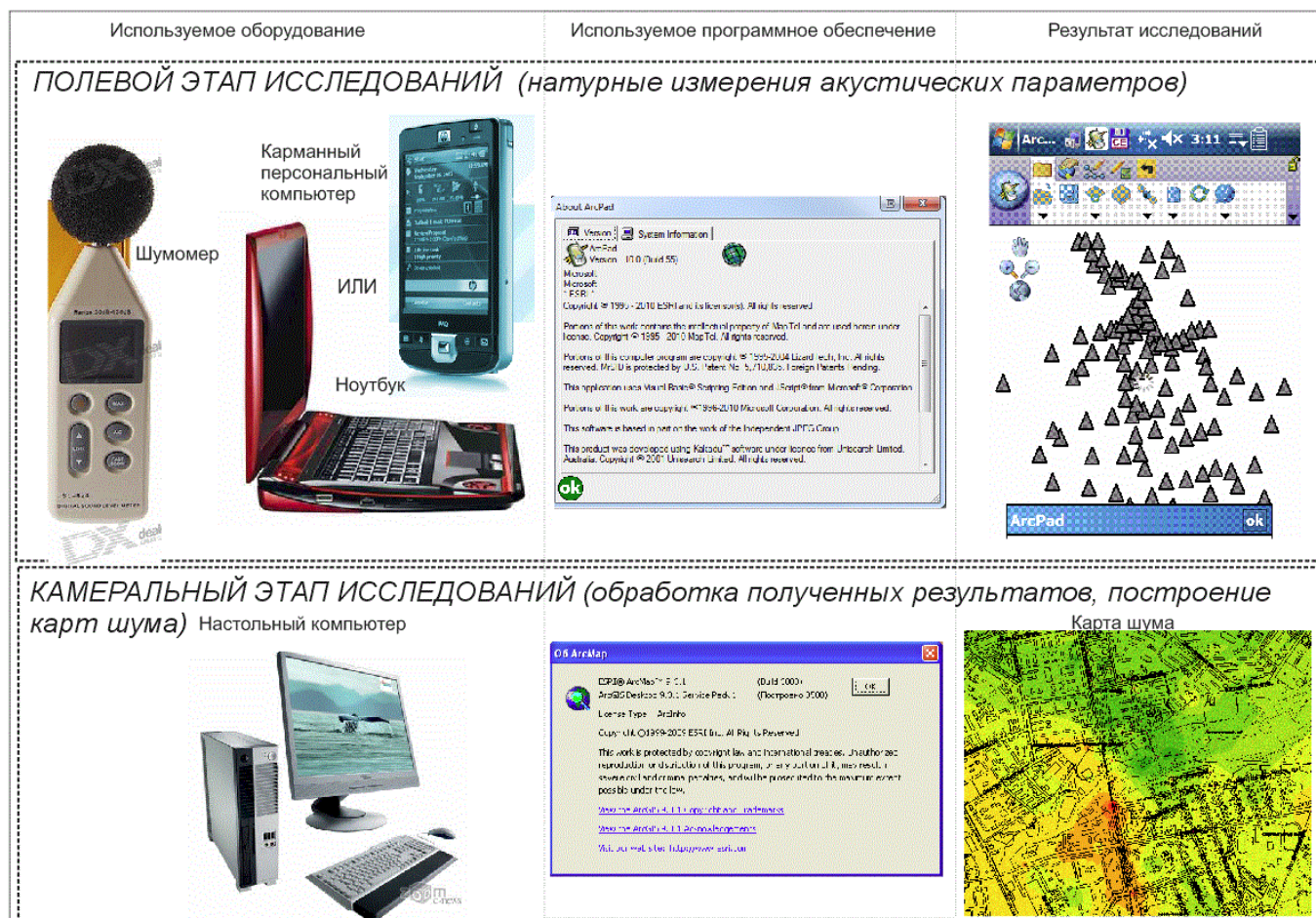


Рис. 5 - Принципиальная схема проведения измерений

Эмпирическому исследованию, описанному в [3], подлежал исторический центр г. Харькова, так называемый Нагорный район. Здесь нами проводились натурные измерения шума, моделирование, их сопоставление, и картографирование шумового режима. Картографической подосновой наших исследований послужил план местности в цифровом виде, введенный в лицензионное программное обеспечение ArcGIS. Исходные данные для мониторинга шумового загрязнения в компьютерном виде были распределены по так называемым "тематическим слоям": созданы слои "Здания"; "Улицы"; "Кварталы" с таблицами атрибутов для них.

После первоначальной камеральной подготовки и планирования эксперимента приступили к натурным измерениям. Количество измеренных значений шума составляет 1200, из которых вечерних - 450, и дневных - 750.

Первые же измерения показали значительный вклад шумового загрязнения от трамвая в общий шумовой фон города. Поэтому было решено распределить полученные

значения на две группы: 1) - шум от трамвая; 2) - автомобильный шум. Физический смысл такого распределения заключается в том, что спектры шума от рельсового и автомобильного транспорта существенно отличаются друг от друга.

Из данных измерений наглядно следует, что трамвай вносил наибольший взнос в шумовое загрязнение на некоторых перекрестках. Фактические уровни фонового шума колеблются в пределах 43-56 дБА, поэтому следует сделать вывод о том, что даже полное закрытие автотранспортного движения по улице не всегда приводит эффект снижения шума к требованиям действующих санитарных норм. Также на рис. 6 наглядно виден спад интенсивности звуковой энергии в зависимости от расстояния (три ряда измеренных спектров в нижней части рис. 6, расположенные один под другим).

Для анализа данных и решение разнообразных пространственных задач был использован встроенный модуль ArcGIS 9.3. 1 Spatial Analyst, который включает в себя три метода интерполяции поверхностей: Кригинг, Сплайн и IDW. Функции поверхностей используют предоставление растровых наборов данных в виде поверхности высот, концентраций, или определенной величины (в данном случае - шумового загрязнения).

Анализируя все пересчитанные методы построения объемных поверхностей, можно сделать вывод, что наиболее удобным для нашей цели является метод обратно взвешенных расстояний (IDW), основанный на принципе - чем ближе расположены объекты, тем более они похожи один на один. Метод высчитывает значение по среднему от суммы значений точек измерений, и является наиболее оптимальным, так как влияние значения измеренной переменной убывает с увеличением расстояния от точки измерения шума.

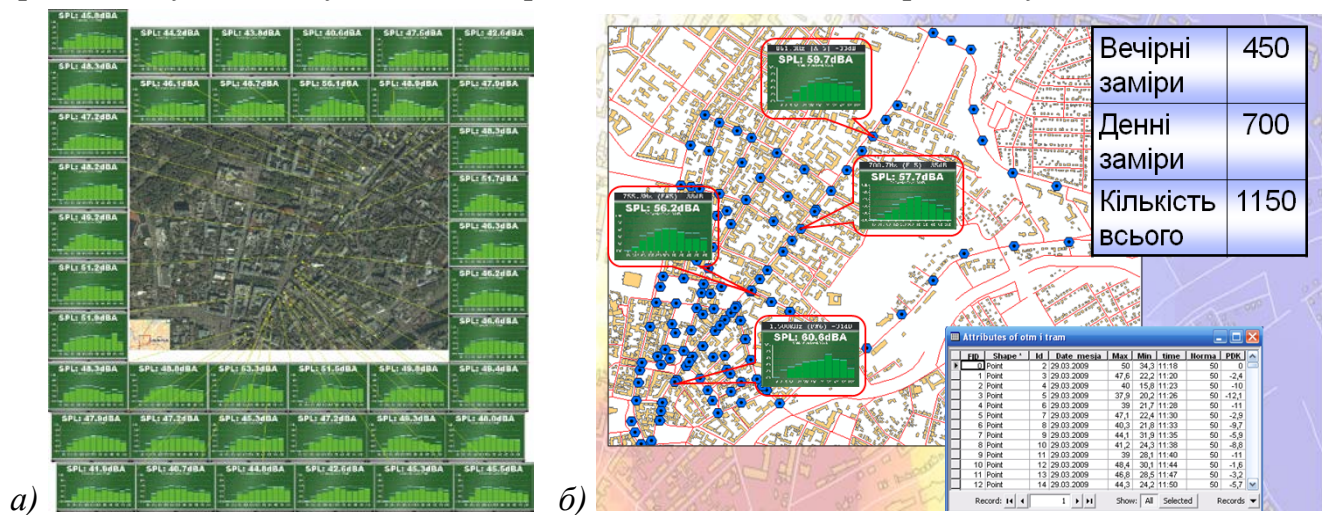


Рис. 7 – Исходные данные: а) измеренные спектры шума; б) тематический слой “Замеры”

Для решения задачи моделирования шумового загрязнения от трамвая были построены две поверхности методом IDW для слоя "Замеры" как с учетом вноса шума трамваев, так и без него (рис. 8). В результате с применением методов картографической алгебры с помощью функции калькулятора растров была получена модель шумового влияния трамвая на городскую среду. Зоны акустического дискомфорта выявлены и визуализированы на карте шума; они обозначены тёмным цветом.

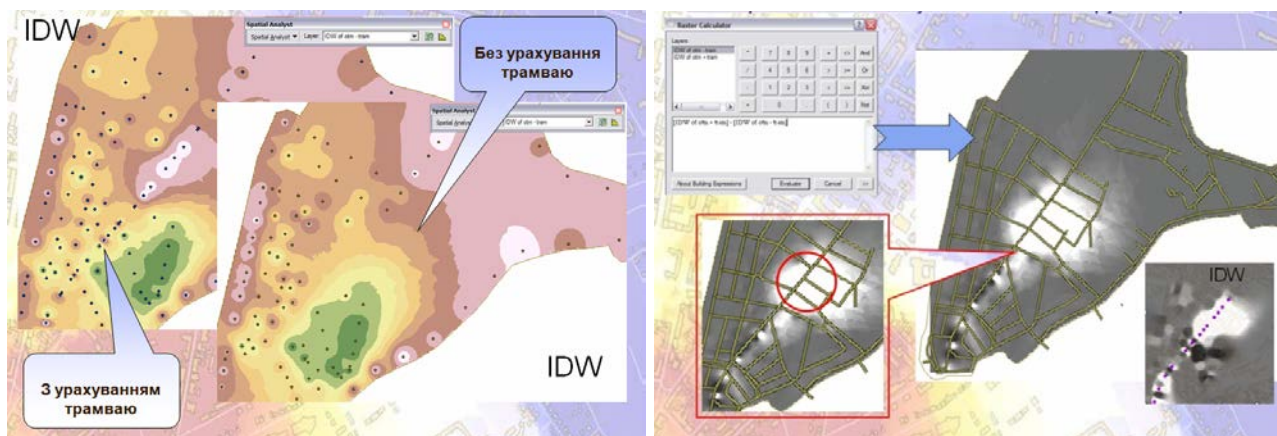


Рис. 8 - Построение поверхности методом IDW и создание модели шумового загрязнения слоя “Трамвай” с применением ГИС - инструментария

Для дальнейшего анализа шумового загрязнения центра города было построено внутриквартальное изображение шумового загрязнения, на котором розовым цветом были отмечены шумовые зоны, где нормы нарушены, а зеленым цветом - зоны акустического комфорта. Следует отметить, что сравнение интерполяционных методов показало практически постоянную зону акустического комфорта на городской территории, которую мы условно назвали "тихий центр". Также на основании плоских двухмерных данных методом IDW в рамках слоя “Кварталы” была построена поверхность внутриквартального шума. Основным показателем при её построении послужило отклонение от нормативного уровня звука. Розовым цветом обозначены зоны, отвечающие нормативным значениям, а зеленым цветом показаны наиболее благоприятные зоны шумового комфорта. Проектирование было многовариантным; рассматривались, рассчитывались и строились возможные варианты построения карты шума.

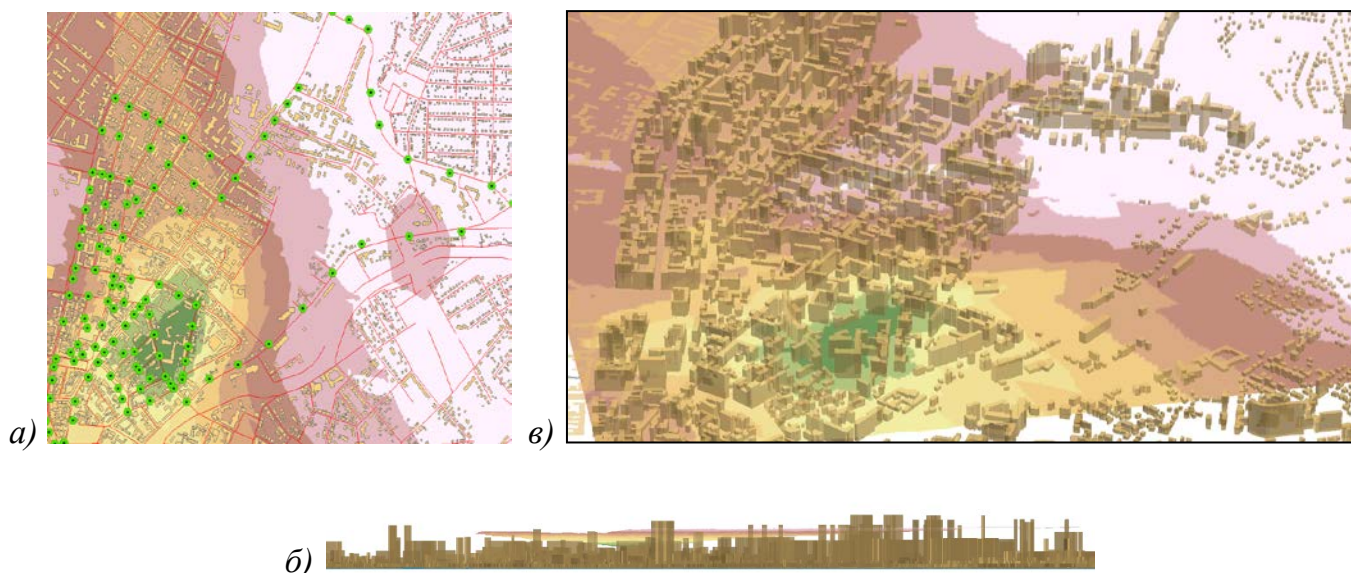


Рис. 9 – Карта шума центральной части Харькова, построенная на основании авторских замеров, проведенных зимой и осенью 2009 г.: а) плоская двухмерная карта шума - основа карты лежит в горизонтальной плоскости; б) то же самое - основа лежит в вертикальной плоскости, - (поперечный разрез рис. 9.а); в) пространственная трехмерная карта шума

(аксонометрия). Включает в себя рис. 9.а и 9.б как отдельные двухмерные проекции общей результирующей картины.

Пространственные карты шума могут представлять собой совокупность пространственных фигур, которые изображают нормативные уровни звука для объектов в окружении ИШ в нескольких плоскостях (трехмерное пространство), основа которых (т.е. плоскость, которая лежит в двух измерениях), параллельна поверхности грунта, а третье измерение представляет собой высоту над поверхностью грунта, т.е. это подобно картографическому изображению рельефа поверхности. Расстояние между плоскостями может быть избрано в зависимости от желательной степени точности решаемой задачи.

Для построения карты шума в пространстве требовалось определить координаты всех ИШ и расчетных точек, а также объектов, способных повлиять на характер распространения звуковых волн.

Аналогичные исследования были проведены и в других городах Украины (рис. 10).

В шестом разделе диссертационной работы изложены теоретические основы предложенных решений в области конструирования средств звукоизоляции и звукопоглощения, т.е. научные основы инженерных решений для ослабления интенсивности звука, разработанные лично автором в рамках диссертационной работы.

Предложен способ, с помощью которого можно изменить время реверберации в помещении, [74], необходимость в котором возникает в конструкциях разнообразных помещений, а также в конструкциях специально создаваемых реверберационных камер. Предложено облицовывать ограждающие поверхности таких помещений, звукоизолирующими панелями, которые содержат вакуумированные полости [100].

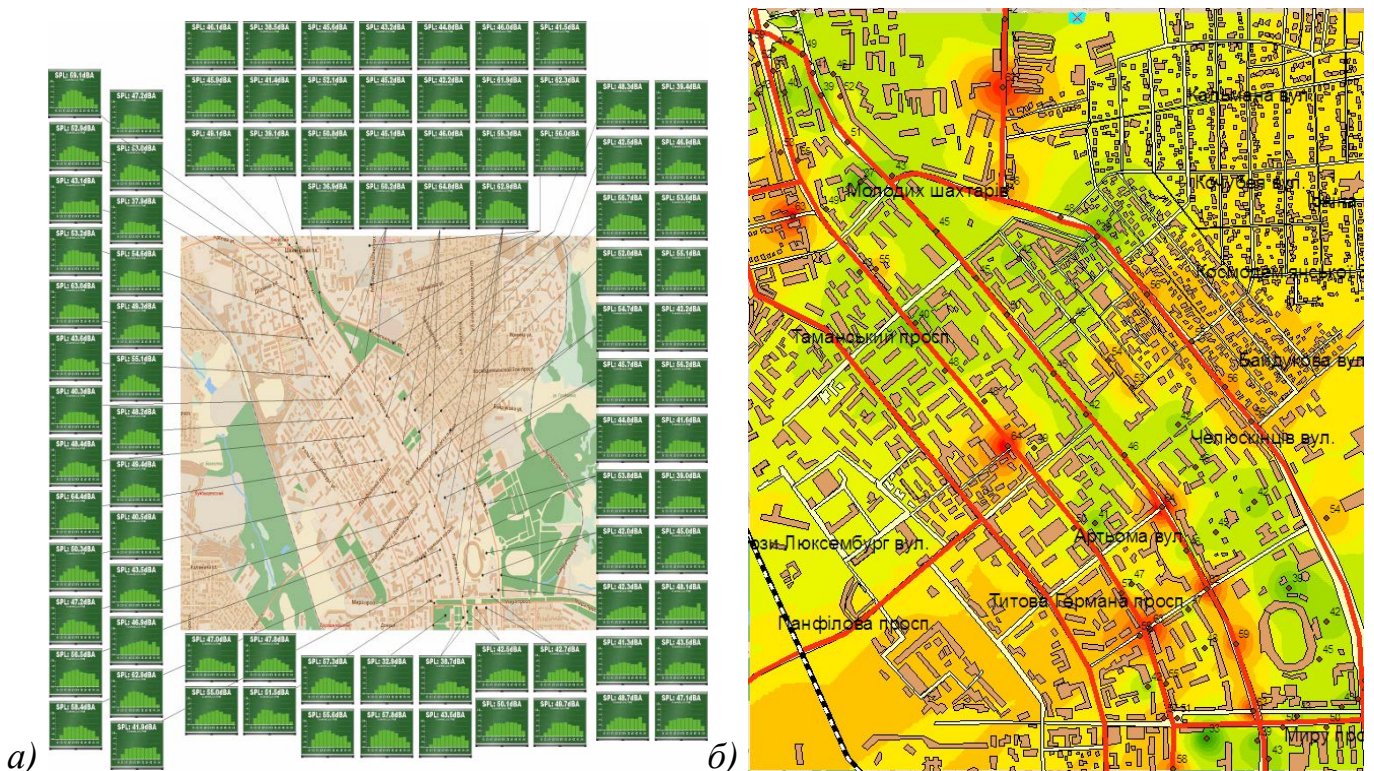


Рис. 10 – а) карта центральной части г. Донецк с нанесенной на неё схемой расположения

контрольных точек и спектрами шума, измеренными нами на территории города в каждой контрольной точке; б) карта шума центральной части г. Донецк – результат наших исследований. Красным цветом обозначены зоны с превышением уровней над нормативными, зеленым, – зоны акустического комфорта (по уровням звука, дБА)

Мы численно отразили зависимость между давлением (и другими параметрами) разреженного газа и звукоизолирующей способностью. Автором созданы звукоизолирующие элементы разного рода, содержащие в себе вакуумированные полости: например, [75, 72, 89, 88, 102] и др.). В известных устройствах давление в вакуумированной полости предложенных приборов является неизменным. Но что будет, если (в относительно небольших границах) изменить давление разреженного газа? В помещениях, облицованных звукоизолирующими панелями, которые содержат вакуумированные полости, можно принудительно, оперативно и довольно широких границах управлять снижением шума, временами реверберации и др. параметрами.

Так, для обеспечения времени реверберации, которое требуется в конкретном случае предложено осуществить принудительное изменение давления газа $P_{\text{пропущення}}$, что находится в указанных вакуумованных полостях, например, с помощью дополнительно подключенного к ним вакуумного насоса, или принудительное изменение температуры газа $T_{\text{пропущення}}$, который находится в указанных вакуумованных полостях, например, с помощью дополнительно введенного в конструкцию звукоизолирующих панелей теплообменника, относительно внешних адекватных им величин $P_{\text{падіння}}$ и $T_{\text{падіння}}$, (которые определяются состоянием атмосферного воздуха). Коэффициент пропускания звука таких панелей будет определяться по выведенным лично автором в рамках [74] соотношениям, таким, например, как:

$$\tau = \frac{P_{\text{пропущення}} \cdot T_{\text{падіння}}}{P_{\text{падіння}} \cdot T_{\text{пропущення}}}$$

Изменение коэффициента пропускания звука τ через ограждающие конструкции помещения приводит к изменению взаимосвязанного с ним коэффициента звукопоглощения α ; а время реверберации в помещении определяется как функция этого коэффициента звукопоглощения α по известным формулам Эйринга и Сэбина, либо по нашей формуле (1).

Разработан способ ослабления интенсивности звуковых волн [92], основанный на применении физического явления поляризации звука. Согласно [92] продольную звуковую волну превращают в неполяризованную поперечную, пропуская её через первый слой твердого материала, потом поляризуют, пропуская её через второй слой твердого материала, потом повторно поляризуют, пропуская её через третий слой твердого материала, и т.д. При этом наличие каждого слоя обеспечивает свою специфическую, присущую ему функцию. Общее количество слоёв можно подсчитать по формуле [92]:

$$N = 1 + n \geq 3,$$

где n – число пар "поляризатор-анализатор" (чисто математически - число, кратное 2).

Описаны физические основы процесса поляризации звука, сформулированы необходимые условия его осуществления. Выведены: формулы вычисления тангенса угла падения $\theta_{1;2}$ (как отношения скоростей распространения изгибающих звуковых волн в слоях 1 и 2); формулы определения угла Брюстера при поляризации; условия, при которых происходит полное внутреннее отражение звуковой волны внутри слоя материала, (дополнительно увеличивающее эффект уменьшения шума). Создан алгоритм расчета конструктивных параметров многослойных звукоизолирующих панелей типа «Сандвич» с использованием явления поляризации звука, сформулированы требования для подбора физических параметров материала каждого слоя в таких панелях. Создана компьютерная программа для вычисления параметров средней собственной звукоизоляции многослойной звукоизолирующей панели типа «сэндвича» в нормированном диапазоне частот $f_n \div f_s$, Гц по выведенной в процессе исследований формуле:

$$R'_w = ((20 \lg k \cdot m \cdot f_n - 47,5) + (20 \lg k \cdot m \cdot f_s - 47,5)) / 2, \text{ дБ},$$

где m характеризует среднюю поверхностную плотность материала панели «сэндвич» m , кг/м², а коэффициент $k = 1 \text{ м}^2 / (\text{кг} \cdot \text{Гц})$.

Сформулирована зависимость коэффициентов поглощения и отражения звука от характеристик среды распространения звуковой волны, которая падает на препятствие и пропускается сквозь неё. Ослабление интенсивности звуковой энергии при столкновении звуковой волны с препятствием происходит по счет видоизменения векторов колебательной скорости и сдвига звуковой волны при пересечении границ раздела разных сред, т.е. за счет преобразования продольной звуковой волны в поперечную, например, при переходе границы раздела сред: "воздух - твердое тело" (снижение шума при падении звуковой волны из воздуха на звукоизолирующий экран); за счет изменения направления векторов колебательной скорости и сдвига (преобразование поперечной волны одного типа в поперечную же волну другого типа) при переходе границы раздела двух твердых тел с разными физико-химическими характеристиками (снижение шума внутри многослойной звукоизолирующей панели типа "сэндвич") и др.

Исследовано явление самосогласования интерференционного поля при прохождении звуковой волны из воздуха в тело звукоизолирующей панели: слой звукопоглощающего материала, потом слой твердого материала, который обеспечивает механическую прочность (и также даёт звукоизоляцию); потом - слой вакуума. Создана теория самосогласования волновых полей; получены расчетные формулы [1, 35].

Возможно подобрать толщину слоя d_2 таким образом, чтобы луч $P_{\text{звдб}}$, при обратном движении внутри слоя 2, попал в узел колебаний слоя d_1 . Это будет зависеть, прежде всего, от первоначального угла падения Θ на границу "воздух - слой 1", углов преломления χ_1 и χ_2 на границах распределения сред "воздух - слой 1"; "слой 1- слой 2" (рис. 11).

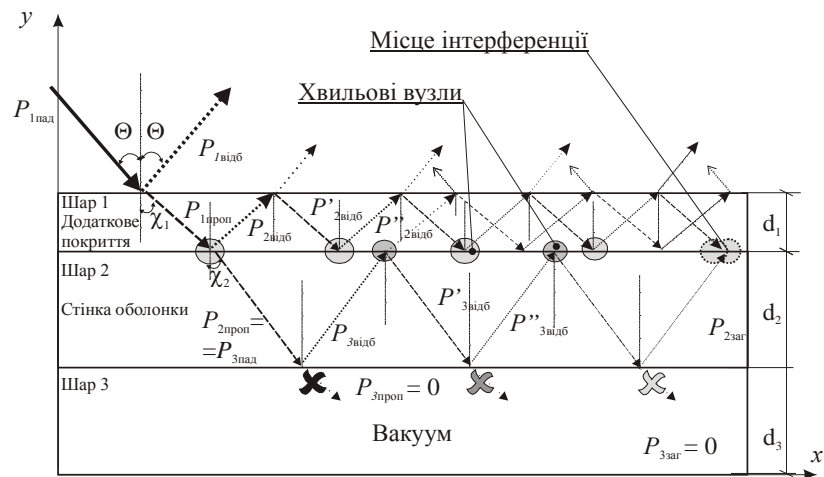


Рис. 11 - Самосогласование волновых полей в среднем слое трехслойной конструкции за счет наложения различных отраженных лучей друг на друга

Если поверхности слоёв 1 и 3 параллельны, получим повторное попадание повторно отраженного луча в соответствующий узел. Эти участки (т.е. места узлов колебаний) не подвергнутся воздействию колебаний; колебания (в форме изгибных и других форм волн) идут по слою 1 в других местах (между узлами). Таким образом, интерференционные явления, т.е. увеличение/уменьшение колебаний слоя 1, не будут иметь место. Волна, которая туда попадает, будет отражаться назад с той же амплитудой и фазой. Это – так называемое самосогласование волновых полей, которое приводит к возникновению стоящих волн, с резонансными явлениями в толще слоя 2, – и, в конечном итоге – к уменьшению плотности звуковой энергии.

Теоретическое обоснование совместного действия звукопоглощения и звукоизоляции дано [8]. Это уже давно эмпирическим путем открыто, однако никто не объяснил – почему же звукоизолирующую панель для достижения наилучшего эффекта желательно облицовывать звукопоглощающим материалом? Ведь это – две противоположности? Действительно, подобная панель (в отрыве от помещения, где она установлена) выглядит противоестественно, она противоречит сама себе: звукоизоляция и звукопоглощение вместе, – однако следует учесть, что назначение звукоизоляции – отражать звук; а, будучи однажды отражен, он отразится потом еще множество раз, при каждом таком отражении теряя немного энергии за счет коэффициента поглощения α . Звукоизоляция (второй слой) имеет высокий коэффициент отражения ρ , но малый коэффициент поглощения. Это – как бы "зеркала"; но нам нужно не просто отражать звук "зеркалами", чтобы он гулял изо всех сил по помещению – а еще и как можно быстрее его поглотить: (чтобы уменьшить количество многократных отражений). Поэтому предложено расположить по меньшей мере два слоя; из них **поглощающий** (с высоким коэффициентом поглощения α , но малым ρ) – внешний, первый; и **отражающий** – (наоборот, с малым α и большим ρ) – второй, внутренний [8].

Дальнейшие исследования охватывают поглощение звука в пористых звукопоглощающих материалах. Исследовано влияние микроструктуры пористых

материалов на их звукопоглощающие свойства. Выполнен анализ эффективности поглощения упругих волн в зависимости от размеров пор, что даёт возможность усовершенствовать конструкцию звукопоглощающих прокладок, изготовленных из пористого материала. Ключевое положение научной гипотезы, выдвинутой автором: вакуум - это свойство сосуда, в котором помещенный газ; оно определяется соотношением между длиной свободного пробега молекул и расстоянием между стенками того сосуда, а совсем не давлением. С учетом этого соотношения, отдельную пору в пористом материале, заполненную воздухом (при атмосферном давлении в нормальных условиях) следует рассматривать как микроскопическую вакуумованную полость.

Это существенным образом изменяет взгляды на сущность звукопоглощения, поскольку предыдущие исследователи, зная, что поры в пористом материале заполнены воздухом (при атмосферном давлении), но не принимая их за вакуумные сосуды, - без всякого успеха старались учесть эффект прохождения звука сквозь эти поры. Мы же считаем их вакуумированными сосудами, не проводящими звук; а звукопоглощающие свойства пористых материалов объясняем за счет поглощения звука в твердой толще самого материала. Учет микроструктуры пористых материалов при объяснении их звукопоглощающих свойства описан в работах [17, 23].

Предложена утилизация звуковой энергии как альтернативный способ звукопоглощения. Осуществляют поглощение даровой звуковой энергии (шума), превращают её в электрическую; затем её применяют для питания потребителей слабых токов [76, 90, 91].

Также шестой раздел представляет примеры технической реализации теоретических предпосылок диссертационной работы в области создания разнообразных устройств, имеющих в качестве составных частей элементы звукоизоляции, разработанные автором. Теоретические основы исследований позволяют разработать качественную и высокоэффективную звукоизоляцию стенок таких конструкций на основе подбора материалов для слоёв, из которых они изготовлены, обеспечить нанесение дополнительного звукопоглощающего покрытия на лицевую поверхность, вакуумирование внутреннего пространства и т.п. Предложено применить авторские разработки по увеличению звукоизолирующей способности в ряде устройств, которые относятся ко многим областям техники и хозяйства: например, [20] [72]; [75], и др.

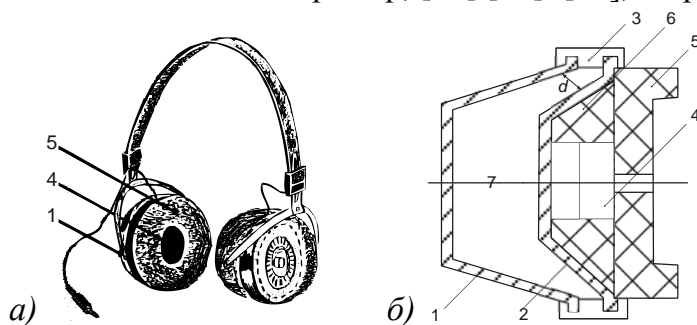


Рис. 12. Головной телефон [68]: *а* - внешний вид; *б* – разрез: 1, 2 - внешний и внутренний корпуса; 3 – упругая герметизирующая прокладка; 4 - излучатель

акустического сигнала; 5 - амбушюр; 6 - звукопоглощающий материал; 7 - вакуумированное пространство (с соблюдением условия $l > d$).

Предложена конструкция наушников [68], которые могут быть применены в качестве средства индивидуальной защиты слуха человека от отрицательного действия производственного и другого шума. Создана «Звукоизолирующая панель с максимально возможной звукоизолирующей способностью» [71].

В седьмом разделе внимание уделено экономическим аспектам борьбы с шумом. Научные статьи автора [40, 44, 54] и книга [10] полностью посвящены этой тематике. В монографии [3] последняя её глава № 7 «Технико-экономическое обоснование стоимости моделирования шумового загрязнения городской территории» также очень детально рассматривает указанные вопросы.

ВЫВОДЫ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

В диссертации приведено теоретическое обобщение и новое решение научной проблемы, заключающееся в формировании разнообразных мероприятий борьбы с шумом на пути его распространения на базе моделирования разнообразных акустических процессов.

Осуществляя такое моделирование, возможно построить карты шума населенных пунктов, и за счёт рационального применения средств борьбы с шумом обеспечить акустический комфорт населения. Этим определяется актуальность и важность научной проблемы, имеющей крупное народно-хозяйственное и социальное значение.

Общая научная проблема структурно разделена нами на несколько связанных задач исследований, а именно:

1) обеспечение возможности физического, аналогового, квазианалогового и математического моделирования процессов распространения звука для картографирования шумового режима на территории предприятий, населенных пунктов, в помещениях и на рабочих местах;

2) оптимизация конструктивных решений и повышение эффективности шумозащитных средств, (на основе моделирования), и создание устройств звукоизоляции и звукопоглощения;

3) создание разного рода вспомогательных устройств, в т.ч. ориентированных акустических излучателей с заданной узкой характеристикой направленности (могут быть применены как модели ИШ при физическом моделировании), защитных устройств электробезопасности и др.

В ходе проведенных исследований поставленная цель полностью достигнута. Изобретены способы, определяющие содержание, структуру, и последовательность действий для осуществления поставленных задач, и устройства для реализации этих способов в виде конструкций устройств моделирования; обеспечены возможность физического, аналогового и математического моделирования акустических процессов на основе теоретических разработок автора, повышение эффективности шумозащитных средств, создание новых высокоэффективных устройств звукоизоляции, создание

ориентированных акустических излучателей с заданной узкой характеристикой направленности; и решение ряда дополнительных задач, таких, например, как конструирование защитного заземления и зануления, амплитудно-пространственных квадросрегуляторов и др.

Научные результаты работы (согласно основным направлениям исследований) заключаются в следующем.

Осуществлено дальнейшее развитие направления физического, аналогового и квазианалогового моделирования процессов распространения звука.

Сформулированы дополнительные требования подобия при моделировании акустических явлений [6, 7, 15, 55], что привело к созданию нового способа достижения подобия при физическом моделировании акустических процессов [82]. Выявлены области применения тех или других видов моделирования, применяемых в акустике, при решении тех или других типичных задач [98]. Предложено обеспечить подобие эквивалентных промежутков времени в модели и натуре при физическом моделировании [45, 55].

Предложено использовать имитацию натуральных процессов распространения звуковых волн модельными процессами распространения электромагнитных волн [2, 7, 78, 109]. Изобретен способ такого моделирования, который применяет установленную аналогию между распространением звука и электромагнитных волн (в т.ч. диапазона радиочастот) [78, 104]. Установлена идентичность математических описаний процессов распространения электромагнитных и упругих (звуковых) волн, физически и математически обоснована аналогия между процессами распространения звуковых и электромагнитных волн: оптического диапазона частот [1, 6, 31, 32, 66, 80]; диапазона радиочастот [6, 78, 93, 109] в заданных граничных условиях.

Создана система расчетных соотношений волновых характеристик звуковых и электромагнитных волн [15, 111], что позволяет при изготовлении модели связать между собой адекватные параметры модели и природы; эта система удовлетворяет всем известным критериям и индикаторам подобия [55]. Разработана новая система критериев подобия и индикаторов подобия относительно такой аналогии и осуществлена проверка с их помощью вышеупомянутой системы расчетных соотношений [15]. Построены и испытаны устройства, которые реализуют предлагаемые способы моделирования, в т.ч. узконаправленные источники излучения звука [70, 73, 81]), которые могут быть использованы как модели ИШ при физическом моделировании акустических процессов; а также устройства аналогового моделирования [66, 78, 80, 96, 101, 104, 110]. Экспериментальные исследования подтвердили высокую сходимость результатов такого моделирования с результатами численного решения и натуральных измерений [4, 18, 24].

3. Осуществлено дальнейшее развитие направления математического моделирования процессов распространения звука. Создана типологическая система, описывающая разнообразие форм волновых фронтов, их каустики и метаморфозы [16, 22]. Выведены расчетные соотношения, связывающие интенсивность звука (уровень интенсивности) на первоначально определенном расстоянии от источника и искомое

значение интенсивности (или её уровня) на любом другом расстоянии в зависимости от соотношения площадей волновых фронтов [1, 9, 16, 22, 43, 46, 85], с их экспериментальной проверкой [51]. Выведены расчетные соотношения, которые на основании теоретических положений геометрической теории акустики позволяют учесть эффект многократных отражений звука в помещениях [1, 37, 118].

4. Проведены исследования по усовершенствованию борьбы с шумом на пути его распространения акустическими средствами, т.е. за счёт звукоизоляции. Выдвинут тезис о принципиальной невозможности снижения шума в источнике возникновения к нулю дБ (и невозможности полного отказа от борьбы с шумом на пути его распространения), [8].

Изобретен и создан способ оперативного регулирования времени реверберации звука в помещениях [12, 74], позволяющий принудительно изменять параметры звукоизолирующей способности звукоизолирующих облицовок, при этом осуществлено математическое объяснение процессов ослабления интенсивности звуковых волн в вакуумированной среде в динамике принудительного изменения их параметров, и выведена конкретная математическая формула, дающая возможность рассчитать нужные технические условия, характеризующие вакуумированную полость, применяемую для борьбы с шумом, - в частности, давление газа в ней и др. [12, 74] для вышеуказанного способа оперативного регулирования времени реверберации звука в помещениях.

Изобретен способ ослабления интенсивности звуковых волн [13, 92, 94], основанный на использовании явления поляризации звука в упругой среде шумозащитного средства, базирующийся на предложенном физическом и математическом обосновании процессов ослабления интенсивности звука в панелях с многими слоями материала; конкретизированы наиболее оптимальные технические условия, характеризующие различные слои материала в таких панелях; предложен алгоритм расчета их эффективности и подбора параметров при построении такого рода звукоизолирующих конструкций. Изучена зависимость между микроструктурой пористых материалов и их звукоизолирующей способностью [17, 23]: каждая отдельно взятая пора в пористом звукопоглощающем материале рассматривается как микроскопический вакуумированный сосуд. Исследовано явление самосогласования интерференционного поля при прохождении звуковой волны из воздуха в тело звукоизолирующей панели: слой звукопоглощающего материала, за ним слой твердого материала; за ним - слой вакуума. Создана теория самосогласования волновых полей; получены расчетные формулы [1, 35]. На основании вышеуказанного создана звукоизолирующая панель с максимально возможной звукоизолирующей способностью [71].

5. Физически обоснована принципиальная возможность обеспечения утилизации звуковой энергии, т.е. возможность преобразования её в электрическую энергию для снабжения промышленных потребителей её, что представляет собой новый вид источников энергии [76; 90; 91; 97], и попутно обеспечивает уменьшение шума.

6. В результате исследований диссертационной работы изобретенные новые конструкции узконаправленных источников звука [81, 68, 70, 73], которые могут быть

применены при моделировании; физически обосновано явление самофокусировки при их работе [36]. Созданы и запатентованы другие конструкции акустических излучателей, которые используют те же принципы: ориентированная акустическая система и головной телефон.

Практические результаты работы заключаются в следующем.

1. Изобретены, спроектированы, разработаны, испытаны и апробированы:

- способ достижения подобия при физическом моделировании акустических процессов [82];

- устройства аналогового моделирования процессов распространения звука, которые применяют установленную аналогию между распространением звука и света (в оптическом диапазоне частот), а именно [18, 66, 80, 96, 101];

- устройства аналогового моделирования процессов распространения звука, реализующие установленную аналогию между распространением звука и ЭМИ [78, 104, 110];

- вспомогательные элементы и узлы для этих устройств моделирования, такие как: новые органы управления параметрами модели [69, 77], защитные устройства [67, 79, 83].

2. Разработана и применена методика повышения эффективности способов снижения шума при конструировании шумозащитных средств. Усовершенствованы традиционные конструкции звукоизолирующих панелей и элементов [88, 89, 102]. Создан способ оперативного регулирования времени реверберации звука в помещениях с использованием указанных устройств высокоэффективной звукоизоляции [12, 74].

Разработана и применена предложенная автором методика повышения эффективности снижения шума при конструировании шумозащитных средств, создании устройств высокоэффективной звукоизоляции. Авторские разработки нашли применение в: конструкции стенок оболочки устройств устройства направленного приема звуковой энергии [75]; шумоизолирующего коффердама [72, 127], звукоотражающей панели [20], звукоизолирующей панели с максимально возможной звукоизолирующей способностью [35, 71, 88, 100].

3. Созданы устройства, которые обеспечивают утилизацию звуковой энергии вместе с борьбой с шумом, а именно [8, 76, 90, 91, 97, 103].

4. Разработаны устройства узконаправленного излучения звука [68, 70, 73; 86].

Каждое из разработанных автором вышеуказанных устройств представляет собой полностью завершённую и работоспособную конструкцию и может употребляться к своей цели.

Проведены тысячи натурных измерений шума (результаты которых {т.е. даже прямые измерения без авторской математической обработки} можно применять для создания карт шума населенных пунктов (а может, другие авторы предоставят им другую трактовку). Они приведены в работах [9, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 56, 124, 125, 126] и свидетельствуют о большом наборе экспериментальных данных, использованных при подготовке диссертации.

Созданы карты шума многих районов разных городов Украины [3, 4, 52, 60, 136]. Особенно тщательно исследован шум в г. Харьков, территория которого почти полностью картографирована с точки зрения акустических условий (рис. 13).

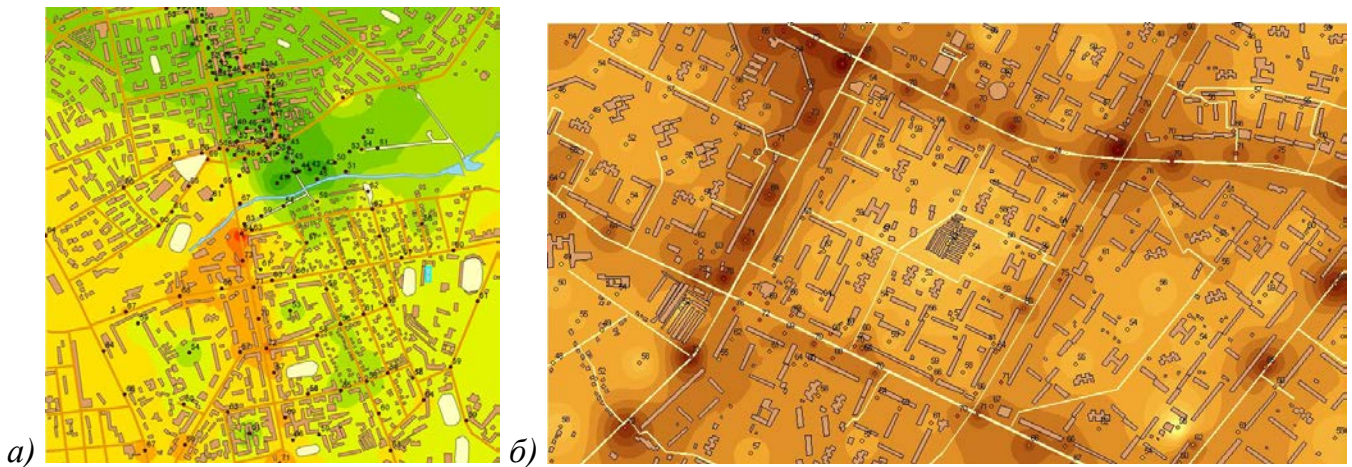


Рис. 13 - Карты шума г. Харьков (построено по показателю: уровень звука L_A , дБА):
 а) центральная часть города, пр. Ленина и близлежащие территории;
 б) Салтовский жилой массив: (ул. Блюхера, ул. Героев Труда, ул. Академика Павлова).

Осуществлены подобные исследования и в других городах Украины. В частности, на рис. 14 предоставлены два фрагмента карты шума центральной части г. Киев.

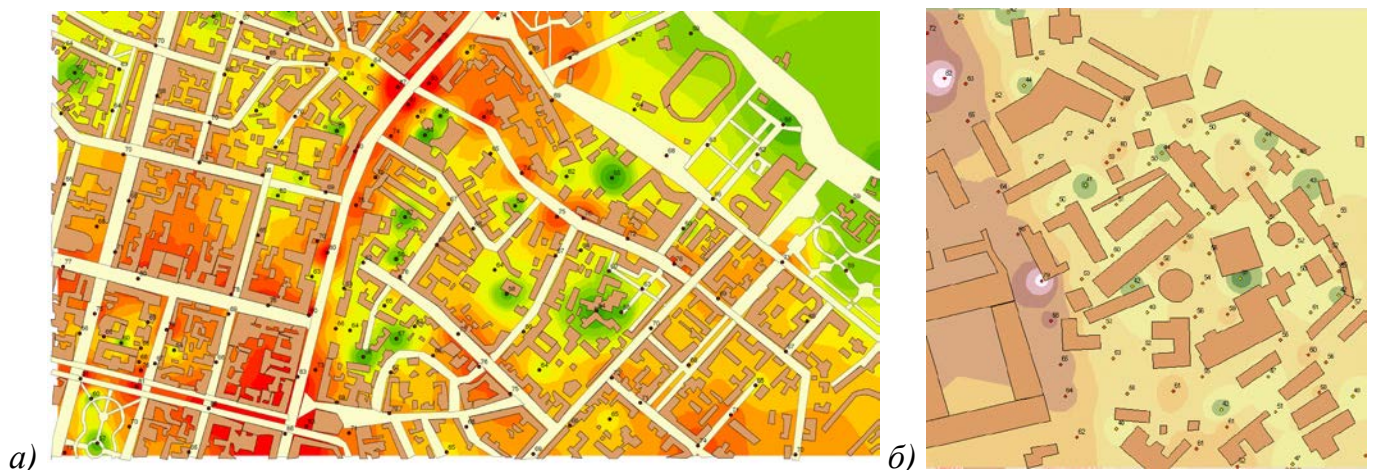


Рис. 14 – Карты шума г. Киев (построено по показателю: уровень звука L_A , дБА):
 а) центральная часть г. Киев, ул. Крещатик и близлежащие территории;
 б) центральная часть г. Киев, район Киево-Печерской лавры.

Построение карт шума, их детальное изучение, и разработка (на базе предыдущего тома анализа полученных в результате моделирования сведений) надлежащих мероприятий по оптимизации акустического климата урбанизированных территорий позволяет решить множество экологических проблем, связанных с шумовым загрязнением окружающей среды, и обеспечить акустический комфорт Человека в местах его проживания.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Абракітов В.Е. Багаторазові відбиття звуку в акустичних розрахунках: монографія. / В.Е. Абракітов; Харьк. нац. акад. міськ. госп-ва. - Х.: ХНАМГ, 2007. - 416 с. - ISBN 978-966-

8482-63-2.

2. Абракітов В.Е. На шляху до наукових відкриттів: монографія. /В.Е. Абракітов. - Х.: Парус, 2007. – 424 с. - ISBN 966-695-085-5.
3. Абракітов В.Е. Картографування шумового режиму центральної частини міста Харкова. Монографія. / В.Е. Абракітов; Харьк. нац. акад. міськ. госп-ва. - Х.: ХНАМГ, 2010. - 266 с. - ISBN 978-966-695-178-9.
4. Абракітов В.Е. Моделювання в акустиці: монографія / В.Е. Абракітов; Харьк. нац. акад. міськ. госп-ва. - Х.: ХНАМГ, 2011. - 227 с. - ISBN 978-966-695-226-7.
5. Абракитов В.Э. Концепция Управляемого Вдохновения. /В.Э. Абракитов. - Х.: Копировальный Центр ФОП Ивановой М.А., 2008. - 400 с.
6. Абракитов В.Э. Аналоговое и квазианалоговое моделирование процессов распространения звука в пространстве для прогнозирования шумового режима на защищаемом объекте. /В.Э. Абракитов. – Х.: АО ХГПИ, 1997. – 40 с.
7. Абракітов В.Э. Аналогове та квазіаналогове моделювання процесів розповсюдження звуку в просторі для прогнозування шумового режиму на об'єкті, що захищається. Друге видання, перероблене та доповнене. /В.Е. Абракітов. – Х.: Парус, 2007. – 108 с.
8. Абракітов В.Е. Утилізація звукової енергії – новий напрямок в науці і техніці. /В.Е. Абракітов. – Х., Парус, 2007. - 80 с.
9. Абракитов В.Э. Натурные исследования шума г. Харькова. /В.Э. Абракитов. - Х.: Парус, 2008. – 68 с.
10. Абракитов В.Э. Экономические аспекты борьбы с шумом. /В.Э. Абракитов. - Х.: Парус, 2009. - 60 с.
11. Абракітов В. Е. Акустична корозія матеріалів. /В.Е. Абракітов. – Х.: Парус, 2010. - 76 с.
12. Абракітов В.Е. Оперативне регулювання часу реверберації звуку в приміщеннях / В.Е. Абракітов // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. Вип.. № 7. Рівне: Видавництво Рівненського державного технічного університету, 2001. – С. 279 - 285.
13. Абракитов В.Э. Новый способ борьбы с распространением структурного шума в строительных конструкциях /В.Э. Абракитов // Науковий вісник будівництва. Вип. № 18. Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2002. – С. 204-206.
14. Абракитов В.Э. Поляризация звука – один из наиболее перспективных путей борьбы с распространением структурного шума в строительных конструкциях /В.Э. Абракитов // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. Вип. № 8. Рівне: Видавництво РДТУ, 2002. – С. 189 – 196.
15. Абракитов В.Э. Система констант подобия при моделировании физических явлений материального мира /В.Э. Абракитов // Коммунальное хозяйство городов: Научно-техн. сборник. Вып. № 35. К.: Техніка, 2002. – С.38-43.
16. Абракитов В.Э. Типичные формы волновых фронтов разнообразных видов излучений /В.Э. Абракитов // Коммунальное хозяйство городов. Научно-техн. сборник. Вып. № 38. К.: Техніка, 2002. – С. 215 – 219.

17. Абракизов В.Э. Влияние микроструктуры пористых материалов на их звукопоглощающие свойства. / В.Э. Абракизов, К.В. Данова // Коммунальное хозяйство городов: Научно-техн. сборник. Вып. № 42. К.: Техніка, 2002. – С. 190-194.
18. Абракизов В.Э. Аналоговое моделирование процессов распространения звука на территории города / В.Э. Абракизов, С.В. Нестеренко // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики: Всеукраинский межведомственный научно-технический сборник. Вып. № 121. Х.: Харківський національний університет радіоелектроніки, 2002. – С. 87 – 94.
19. Абракітов В.Е. Алгоритм розрахунку конструктивних параметрів багатошарових звукоізолюючих панелей типу «сандвіч» з використанням явища поляризації звуку / В.Е. Абракітов // Науковий вісник будівництва. Вип. № 19. Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2002. – С. 113-117.
20. Абракизов В.Э. Звукоотражающая панель / В.Э. Абракизов, В.А. Русова // Науковий вісник будівництва. Вип. №. 28. Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2004. – С. 277-281.
21. Абракітов В.Е. Програма для обчислення конструктивних параметрів багатошарових звукоізолюючих панелей типу «сандвіч» з використанням явища поляризації звуку / В.Е. Абракітов // Науковий вісник будівництва. Вип. №. 29. Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2004. – С. 226-230.
22. Абракітов В.Е. Каустики хвильових фронтів, і їхні метаморфози / В.Е. Абракітов // Строительство, материаловедение, машиностроение / Сб. научн. трудов. Вып. 28. – Дн-ск, ПГАСиА, 2004. – С. 237-241.
23. Абракизов В.Э. Многослойная звукопоглощающая панель / В.Э. Абракизов, В.А. Русова // Коммунальное хозяйство городов: Научно-техн. сб. Вып. № 58. К.: Техніка, 2004. – С. 239 – 243.
24. Абракітов В.Е. Точність, вірогідність та оцінка погрішності при моделюванні акустичних процесів / В.Е. Абракітов // Коммунальное хозяйство городов: Научно-техн. сборник. Вып. №. 60. К.: Техніка, 2004. – С. 251 - 256.
25. Абракітов В.Е. Роль моделювання акустичних процесів при оптимізації шумового режиму сучасного міста. / В.Е. Абракітов // Науковий вісник будівництва. Вип. 30. Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2005. - Т. 2. - С. II-190 - 195.
26. Абракітов В.Е. Актуальність проблеми боротьби із шумом, і створення засобів акустичного моделювання, як один із способів рішення даної проблеми / В.Е. Абракітов // Коммунальное хозяйство городов: Научно-техн. сборник. Вып. №. 63. К.: Техніка, 2005. – С. 316 -320.
27. Абракітов В.Е. Конструювання шумозахисних вікон для захисту квартир та інших приміщень від акустичного дискомфорту / В.Е. Абракітов // Науковий вісник будівництва. Вип. 31. Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2005. - с. 210-214.
28. Абракизов В.Э. Глобальная научная теория, объясняющая процессы снижения шума при переходе звуковой волной границы раздела сред. / В.Э. Абракизов, И.Т. Карпалюк // Коммунальное хозяйство городов: Научно-техн. сб. Вып. №. 64. К.: Техніка, 2005. – С. 63-

70.

29. Абракітов В.Е. Орієнтована акустична система із заданою характеристикою спрямованості / В.Е. Абракітов // Науковий вісник будівництва. Вип. 37. Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2006. - с. 231-237.

30. Абракітов В.Э. Акустическое загрязнение окружающей среды как фактор разрушения инженерных систем и строительных конструкций / В.Э. Абракітов // Науковий вісник будівництва. Вип. № 38. Х.: ХТУБА ХОТВ АБУ, 2006. - С. 151-154.

31. Сафонов В.В. Моделювання акустичних процесів методом аналогії / В.В. Сафонов, В.Е. Абракітов, Ю.В. Богданов // Строительство, материаловедение, машиностроение. Сб. научн. трудов. Вип. 38. Дн-ск: ПГАСА, 2006. - С. 124 - 133.

32. Сафонов В.В. Уменьшение шума на реконструируемых территориях / В.В. Сафонов, Ю.В. Богданов, В.Э. Абракітов, Л.М. Диденко, В.В. Мелашич // Строительство, материаловедение, машиностроение. Сб. научн. трудов. Вип. 38. Дн-ск: ПГАСА, 2006. - С. 260-267.

33. Абракітов В.Е. Моделювання шуму від транспортних потоків та промислових об'єктів великої довжини при оптимізації шумового режиму сучасного міста / В.Е. Абракітов // Науковий вісник будівництва. Вип. № 39. Х.: ХТУБА ХОТВ АБУ, 2006. - С. 287 – 291.

34. Селіванов С.Є. Багаторазові відбиття звуку на вузьких вулицях міста та захист житлових будівель від транспортного шуму / С.Є. Селіванов, В.Е. Абракітов // Науковий вісник будівництва. Зб. наук. праць. Вип. № 40. Х.: ХТУБА ХОТВ АБУ, 2007. - С. 208-214.

35. Абракітов В.Е. Хитрощі звукоізолюючої панелі із максимально можливою звукоізолюючою здатністю... / В.Е. Абракітов // Строительство, материаловедение, машиностроение. Сб. научн. трудов. Вип. 40. - Дн-ск: ПГАСА, 2007. - С. 126-132.

36. Абракітов В.Е. Математичний опис процесів випромінювання високосфокусованих звукових хвиль вузькоспрямованим джерелом звуку. / В.Е. Абракітов // Восточно-европейский журнал передовых технологий. № 1/4(25) 2007. Х., 2007. - С. 47-54.

37. Абракітов В.Е. Методика розрахунку часу реверберації звуку в приміщеннях / В.Е. Абракітов // Науковий вісник будівництва. Вип. 41. Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2007. - С. 305-311.

38. Абракітов В.Е. Акустична корозія будівельних конструкцій / В.Е. Абракітов // Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. - Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2007 - 71(94). - С. - 130-139.

39. Селіванов С.Є. Захист житлових будівель від транспортного шуму / С.Є. Селіванов, В.Е. Абракітов // Коммунальное хозяйство городов: Научно-техн. сб. Вип. №. 76. К.: Техніка, 2007. – С. 391-399.

40. Селіванов С.Є. Програма для розрахунку соціально-економічного ефекту шумозахисних заходів. / С.Є. Селіванов, В.Е. Абракітов // Науковий вісник будівництва. Вип. 42. Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2007. - С. - 209-217.

41. Проблемы снижения шума на объектах и территориях, прилегающих к реконструируемым зданиям и сооружениям. / В.В. Сафонов, Ю.В. Богданов, В.Э.

- Абракизов, и др. // Будівництво, матеріалознавство, машинобудування: Наук.-техн. збірник. Вип. 42. – К. – Дн-ск: Основа, 2007. – С. 262-274.
42. Абракізов В.Е.. Негативний вплив шуму на конструкції будівель, що несуть та огорожують, в світлі механіки руйнування / В.Е. Абракізов, Д.В. Абракізов // Будівництво, матеріалознавство, машинобудування: Наук.-техн. збірник. Вип. 42. – К. – Дн-ск: Основа, 2007. – С. 296-301.
43. Селіванов С.Є. Визначення інтенсивності випромінювання на відстані від джерела залежно від форми хвильового фронту. / С.Є. Селіванов, В.Е. Абракізов, О.Ю. Нікітченко, Я.І. Чупріна // Коммунальное хозяйство городов: Научно-техн. сб. Вып. №. 79. К.: Техніка, 2007. – С. 356-363.
44. Абракізов В.Е. Методика визначення вартості результатів наукових досліджень, винаходів, і інших об'єктів інтелектуальної вартості при впровадженні їх в виробництво. / В.Е. Абракізов // Науковий вісник будівництва. Вип. 46. Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2008. - с. 278-283.
45. Селиванов С.Е. Взаимосвязь сходственных промежутков времени в модели и в натуре как дополнительный критерий подобия при физическом моделировании акустических процессов. / С.Е. Селиванов, В.Э. Абракизов, О.Ю. Никитченко, Я.И. Чуприна // Науковий вісник будівництва. Вип. 45. Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2008. - С. - 159-161.
46. Абракізов В.Е. Причини утворення каустик і мікроструктура фронту звукової хвилі. / В.Е. Абракізов, О.Ю. Нікітченко, С.Є. Селіванов // Коммунальное хозяйство городов. Вип. 81. К. Техніка, 2008. - С. 366-373.
47. Абракизов В.Э. Шум систем кондиционирования в зданиях как одна из наиболее актуальных проблем современной урбанизации / В.Э. Абракизов, Е.А. Помыткина // Коммунальное хозяйство городов. Вип. 84. К. Техніка, 2008. - С. 410-414.
48. Абракизов В.Э. Спектры шума в жилой застройке г. Харькова (по данным собственных натурных измерений, осуществлённых авторами) / В.Э. Абракизов, О.Ю. Никитченко // Науковий вісник будівництва. Вип. 49. Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2008. - С. - 330-337.
49. Абракизов В.Э. Использование системного подхода и системного анализа для решения проблемы борьбы с шумом (в рамках обеспечения экологической безопасности окружающей среды) / В.Э. Абракизов, С.Е. Селиванов, Г.М. Жолткевич // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. №849. Сер. Екологія. - Х.: Видавництво ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2009. - с. 85 - 89.
50. Абракизов В.Э. О вкладе фонового шума в общую картину шумового загрязнения окружающей среды (на базе данных непосредственных натурных измерений, проведенных лично автором). // Науковий вісник будівництва. Вип. № 53. Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2009. - С. 263-266.
51. Абракизов В.Э. Экспериментальная проверка научной гипотезы о спаде интенсивности шумового излучения на расстоянии пропорционально отношению площадей волновых фронтов. / В.Э. Абракизов // Науковий вісник будівництва. Вип. 54. - Х.:ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2009. - С. 326-332.

52. Абракизов В.Э. Методологическая основа составления карты шума г. Харькова. / В.Э. Абракизов // Науковий вісник будівництва. Вип. № 55. Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2009. - С. 279 - 284.
53. Абракизов В.Э. Натурные измерения уличного шума (с учетом фонового вклада метеорологических явлений в суммарный звуковой спектр) / В.Э. Абракизов // Коммунальное хозяйство городов. Вип. № 88. К. – Техніка, 2009. - С. 364-370.
54. Абракизов В.Э. Экономические аспекты борьбы с шумом / В.Э. Абракизов // Коммунальное хозяйство городов. Вип. № 89. К. – Техніка, 2009. - С.460-464.
55. Селиванов С.Е. Подobie при физическом моделировании акустических процессов в целях борьбы с шумом / С.Е. Селиванов, В.Э. Абракизов, О.Ю. Никитченко, И.А. Фарина // Науковий вісник будівництва. Вип. 56. Х.: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2010. - С. 218-222.
56. Абракітов В.Е. Експериментальні дослідження шуму ліфтово-сходових вузлів багатоповерхових житлових будівель / В.Е. Абракітов, О.Ю. Нікітченко, І.О. Фаріна // Науковий вісник будівництва. Вип. 57. Х.: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2010. - С. 293-297.
57. Абракітов В.Е. Майбутнє - за тривимірними просторовими картами шуму. / В.Е. Абракітов // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып. 91. - К.-Х.: Основа, 2010. - С. 161-168.
58. Абракітов В.Е. Врахування мікроструктури пористих матеріалів при їх застосуванні в якості звукопоглиначів. / В.Е. Абракітов, О.Ю. Нікітченко, І.О. Фаріна // Коммунальное хозяйство городов. НТЗ. Вып. 93. К.: Техніка, 2010. - С. 456-463.
59. Садовой А.В. Візуалізація звуку з застосуванням ефекту поляризації / А.В. Садовой, В.В. Сафонов, Е.Є. Стрежекуров, В.Е. Абракизов // Сборник научных трудов Днепродзержинского государственного технического университета (технические науки). - вып. 1(14). – Днепродзержинск, 2010. С. - 236-239.
60. Абракизов В.Е. Натурные исследования шумового режима на территории г. Киева / В.Е. Абракизов, О.Ю. Никитченко // Науковий вісник будівництва. Вип. 62. Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2011. - С. 267-273.
61. Абракизов В.Э. Возможно ли снизить уровень шума в метрополитене г. Харькова? / В.Э. Абракизов, К.Н. Пикульская // Науковий вісник будівництва. Вип. 63. Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2011. - С. 556-560.
62. Абракітов В.Е. Шумовий режим центральної частини м. Київ в районі вулиці Хрещатик. / В.Е. Абракітов. // Безпека життєдіяльності людини як умова сталого розвитку сучасного суспільства. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції: Науково-техн. збірник. - К.: Основа, 2011. - С. 231-237.
63. Абракизов В.Э. Экспериментальные исследования шумового режима в Салтовском жилом массиве г. Харькова/ В.Э. Абракизов // Комунальне господарство міст. НТЗ. Вип. № 99. Х.: ХНАМГ, 2011. - С. 71 - 75.
64. Абракітов В.Е. Картографування шумового режиму центральної частини м. Донецьк /Абракітов В.Е., Нікітченко О.Ю. //Строительство, материаловедение, машиностроение: Научн.-техн. сб. Вып. 62. – Дн.-ск, ПГАСА, 2011. – С. 10-14.

65. Абракітов В.Е. Вдосконалення конструкції засобів індивідуального захисту слухових аналізаторів людини / В.Е. Абракітов, О.Ю. Нікітченко. // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – вип.. 124. – т. – 2. – Х.: ХНТУСГ, 2012. С. - 392-396.
66. Пат. 2058601 Российская Федерация, МПК⁶ G10K 1/00. Устройство для визуализации картины зашумленности городской застройки / Сафонов В.В., Захаров Ю.И., Абракитов В.Э. - Оpubл. 20.04.96. Бюл. № 11.
67. Пат. 2081490 Российская Федерация, МПК⁶ H02B 1/16, H01 4/66. Заземляющее устройство в электрических сетях с изолированной нейтралью / Абракитов В.Э., Карпалюк И.Т. - Оpubл. 10.06.96. Бюл. № 16.- С. 126.
68. Пат. 2078483 Российская Федерация, МПК⁶ H04R 1/10. Головной телефон Абракитова / Абракитова Л.А., Абракитов В.Э. - Оpubл. 27.04.97, Бюл. № 12.
69. Пат. 2078485 Российская Федерация, МПК⁶ H04R 3/12. Амплитудно-пространственный квадрансрегулятор Абракитова / Абракитов В.Э. - Оpubл. 27.04.97. Бюл. № 12.
70. Пат. 2081517 Российская Федерация, МПК⁶ H04R 1/20. Ориентированная акустическая система Абракитова / Абракитова Л.А., Абракитов В.Э. - Оpubл. 10.06.97. Бюл. № 16.
71. Пат. 2083775 Российская Федерация, МПК⁶ E04B 1/82. Звукоизолирующая панель с максимально возможной звукоизолирующей способностью / Абракитов В.Э. - Оpubл. 10.07.97. Бюл. № 19.
72. Пат. 2084968 Российская Федерация, МПК⁶ G 10 K 11/00. Шумоизолирующий коффердам судна / Абракитов В.Э., Абракитова Л.А. - Оpubл. 20.07.97. Бюл. № 20.
73. Пат. 2102793 Российская Федерация, МПК⁶ G 10 K 1/00. Линейный источник шума / Сафонов В.В., Абракитов В.Э. - Оpubл. 20.01.98, Бюл. № 2.
74. Пат. 9518А Україна, МПК⁶G10K 15/08. Спосіб оперативного регулювання часу реверберації звуку в приміщеннях (варіанти) /Абракітова Л.О., Абракітов В.Е.- Оpubл. 30.09.96. Бюл. №3.
75. Пат. № 10549А Україна, МПК⁶ G10K 11/00, H04R 29/00. Пристрій вибірного прийому звукових хвиль Абракітова В.Е. / Абракітов В.Е. - Оpubл. 25.12.96. Бюл. № 4.
76. Пат. № 10836А Україна, МКВ⁵ E04B 1/86. Спосіб перетворення звукової енергії та звукоперетворююча панель / Абракітов В.Е., Абракітова Л.О., Коржик Б.М., Серіков Я.О. - Оpubл. 25.12.96. Бюл. № 4.
77. Пат. № 12378А Україна, МПК⁶ H04R 3/12. Амплітудно-просторовий квадрансрегулятор Абракітова / Абракітов В.Е., Абракітова Л.А. - Оpubл. 28.02.97. Бюл. № 1.
78. Пат. № 15212А Україна, МПК⁶ G09B 23/14. Спосіб аналогового моделювання процесів розповсюдження звукових хвиль /Абракітов В.Е., Коржик Б.М., Серіков Я.О., Карпалюк І.Т. -Оpubл. 30.06.97, Бюл. №3
79. Пат. 15299А Україна, МКВ⁵ H02H 3/22. Пристрій занулення електроустановок в мережах із заземленою нейтраллю / Абракітов В.Е., Карпалюк І.Т. - Оpubл. 30.06.97. Бюл. № 3.
80. Пат. 20369 Україна, МПК⁶ G01H 9/00. Пристрій для візуалізації картини зашумованості

міської забудови / Сафонов В.В., Захаров Ю.І., Абракітов В.Е. - Опубл. 15.07.97.

81. Пат. 19442А Україна, МПК⁶ G10R 1/00. Лінійне джерело шуму. /Сафонов В.В., Абракітов В.Е., Захаров Ю.І. - Опубл. 25.12.97, Бюл. № 6.

82. Пат. 22943А Україна, МПК⁶ G 09 B 23/14. Спосіб досягнення подібності при фізичному моделюванні акустичних процесів / Сафонов В.В., Абракітов В.Е., Захаров Ю.І. - Опубл. 05.05.98.

83. Пат. 24461А Україна, МКВ⁵ Н 02 Н 3/22. Заземляючий пристрій в електричних мережах з ізольованою нейтраллю / Абракітов В.Е., Карпалюк І.Т. - Опубл. 30.10.98. Бюл. № 5.

84. Пат. 69935А Україна, МПК⁷ G01H17/00. Пристрій для візуалізації зашумованості міської забудови. / Сафонов В.В., Абракітов В.Е., Богданов Ю.В., Бауліна Г.Ю. - Заявл. 16.12.2003; опубл. 15.09.2004. Бюл. № 9.

85. Пат. 42388 Україна. МПК G01H 5/00, G10K 15/00, G02F 1/00, H01J 47/00. Спосіб визначення інтенсивності випромінювання на відстані від джерела. / Абракітов В.Е. - Заявл. 12.11.2007. - № а 2007 12494. - Опубл. 10.07.2009. Бюл. № 13, 2009.

86. Пат. 51484 Україна, МПК⁹ H04R 1/20. Орієнтована акустична система із змінною характеристикою спрямованості. / Абракітов В.Е., Чупріна Я.І. – Заявл. 19.11.2007. № u2007 12758. Опубл. 26.07.2010, Бюл. № 14.

87. Пат. 51229 Україна, МПК04В 1/82. Спосіб ослаблення інтенсивності звукових хвиль / Абракітов В.Е. - Опубл. 12.07.2010, Бюл. № 13.

88. Пат. 56371 Україна, МПК Е 04 В 1/82. Звукоізолюючий елемент / Абракітов В.Е. - Опубл. 10.01.2011, Бюл. № 1.

89. Пат. 59305 Україна, МПК Е 04 В 1/82. Звукоізолююча панель / Абракітов В.Е., Серіков Я.О. - Опубл. 10.05.2011, Бюл. № 9.

90. Решение о выдаче патента по заявке № 94028633/33 Российская Федерация, МПК⁶ E04B 1/86. Звукоутилизирующая панель / Абракитов В.Э., Абракитова Л.А., Коржик Б.М., Сериков Я.А. - Опубл. 20.05.96. Бюл. № 14. - С. 108.

91. Решение о выдаче патента по заявке № 94028915/03(028717) Российская Федерация, МПК⁶ Е 04 В 1/86. Звукопоглощающая панель "Утилизатор звуковой энергии" / Абракитов В.Э., Сериков Я.А. - Опубл. 29.07.96. Бюл. № 14.- С. 108.

92. Решение о выдаче патента по заявке № 94032106/03 (031463) Российская Федерация, МПК⁶ Е 04 В 1/82. Способ ослабления интенсивности звуковых волн / Абракитов В.Э., Карпалюк И.Т. - Опубл. 27.05.96. Бюл. № 15. - С. 110.

93. Абракитов В.Э. Аналогия волновых явлений звукового и оптического излучений / В.Э. Абракитов, Б.М. Коржик // Коммунальное хозяйство городов: Респ. межвед. сборник. Вып. № 4. К.: Техніка, 1995.-с.36-37.

94. Коржик Б.М. Поляризация звуковых волн в строительных конструкциях и материалах / Б.М. Коржик, В.Э. Абракитов, И.Т. Карпалюк // Повышение эффективности и надежности систем городского хозяйства: Сб. научных трудов. К.: ІСДО, 1994.- С. 132 - 135.

95. Абракітов В. Безпека праці і її вплив на фінансово-економічну діяльність промисловості України / В. Абракітов, І. Карпалюк // Україна: аспекти праці. Науковий

економічний та суспільно-політичний журнал. К.: Праця, 1996.- № 4.- С. 48 - 49.

96. Абракітов В.Э., Сафонов В.В. Визуализация картины зашумлённости городской застройки способами аналогового моделирования // Збірник наукових праць інституту безперервної фахової освіти. Дн-ск: Наука і освіта, 2002. – С. 3-8.

97. Абракітов В.Е. Шум перетворюється в... електроенергію / В.Е. Абракітов, И.Т. Карпалюк // Міське господарство України. К., 1996, № 4 (136).- С. 35.

98. Абракітов В.Э. Проблемы моделирования в акустике и путь их решения./ В.Э. Абракітов // Оралдың ғылым жаршысы. Научно-теоретич. и практич. журнал. № 5(6) 2007. Қазақстан: Уралнауцкнига. – С. 8-14.

99. Сафонов В.В. Проблеми зниження шуму на об'єктах і територіях, прилеглих до будівель, що реконструюються, і споруд. / В.В. Сафонов, Ю.В.Богданов, В.Е.Абракітов, Е.Є.Стрежекуров. // Безпека життєдіяльності.- 2007.- №1.- С. 18-20.

100. Абракітов В.Э. Звукоизолирующая панель с максимально возможной звукоизолирующей способностью / В.Э. Абракітов. // Инженерно-строительный журнал, СПб.: Изд-во СПбГПУ. -№2, 2010. - С. 56-58.

101. Абракітов В.Э. Устройство для визуализации зон зашумленности на территории городской застройки / В.Э. Абракітов. // Информационный листок ИЛ №79-95. Х.: ХОРПНТЕІ, 1995.

102. Абракітов В.Э. Звукоизолирующий элемент / В.Э. Абракітов. // Информационный листок ИЛ №75-95. Х.: ХОРПНТЕІ, 1995.

103. Абракітов В.Э. Утилизатор звуковой энергии / В.Э. Абракітов., И.Т. Карпалюк // Информационный листок ИЛ №53-95. Х.: ХОРПНТЕІ, 1995.

104. Абракітов В.Э. О возможности аналогового моделирования процессов распространения звуковых волн радиоволнами / В.Э. Абракітов. // Тезисы докладов XXVIII научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников ХГАГХ. Х., 1996.- С.84.

105. Абракітов В.Э. Новые средства борьбы с шумом / В.Э. Абракітов. // Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности. Международный экологический конгресс. С.-Петербург 16-18.06.1999 г. - т.3. – С. 186.

106. Абракітов В.Э. Система эргономической оценки реконструируемых территорий городов по критерию их акустического комфорта / В.Э. Абракітов. // Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности. Международный экологический конгресс. С.-Петербург 14-16.06.2000 г. – Т. 2. – С. 252.

107. Абракітов В.Э. Эргономическая оценка реконструируемых территорий городов по критерию их акустического комфорта / В.Э. Абракітов. // Тезисы докладов XXX научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников ХГАГХ. Х., 2000.- С.75.

108. Абракітов В.Е. Вдосконалення методів і засобів боротьби з шумом, випромінювання звуку та моделювання процесів його розповсюдження / В.Е. Абракітов // Тези доповідей науково-методичної конференції "Безпека життєдіяльності". Х., 2001. С. – 62-63.

109. Абракизов В.Э. Совершенствование методов прогнозирования шумового режима урбанизированной среды с целью обеспечения акустического комфорта жителей современного города / В.Э. Абракизов. // Матеріали секції № 7 на Першій обласній конференції молодих науковців „Тобі, Харківщино, - пошук молодих”, в межах форуму „Освіта, наука, виробництво – шляхи інтеграції”, 19-20 березня 2002 р. – С. 4.
110. Абракітов В.Е. Пристрій візуалізації зон зашумованості міської забудови / В.Е. Абракітов, С.Л. Дмитрієв// Тези доповідей науково-методичної конференції "Безпека життєдіяльності". Х., 2002. – с. 58-60.
111. Абракизов В.Э. Взаимосвязь сходственных параметров модели и природы при аналоговом моделировании процессов распространения шума / В.Э. Абракизов. // Тези доповідей науково-методичної конференції "Безпека життєдіяльності" Х., 2004. – С. 82.
112. Абракітов В.Е. Удосконалювання методів прогнозування шумового режиму з метою забезпечення акустичного комфорту жителів сучасного міста / В.Е. Абракітов // Тез. докл. XXXII научно-технич. конф. препод., аспирантов и сотрудников ХНАГХ. Х., 2004. - С.86.
113. Абракітов В.Е. Моніторинг шумового забруднення сучасних міст. / В.Е. Абракітов // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасний соціокультурний простір», К., 2004. – ч. 1. – 1 с.
114. Абракизов В.Э. Глобальная научная теория снижения шума при пересечении звуковой волной границы раздела сред. / В.Э. Абракизов. // Тези доповідей науково-методичної конференції "Безпека життєдіяльності". Х., 2005. - С. 123 - 124.
115. Сафонов В.В. Шум реконструкции зданий и сооружений, проблемы его снижения на прилегающих территориях / В.В. Сафонов, Ю.В. Богданов, В.Э. Абракизов, В.В. Мелашич, Л.М. Диденко, Э.Е. Стрежекуров // Материалы научно-технического семинара «Актуальные проблемы акустической экологии и защиты от шума». Севастополь, 2006. – С. 121 – 130.
116. Абракизов В.Э. На какой частоте измеряется барометрическое давление? / В.Э. Абракизов. // Материалы II международной научно-практической конференции «Стратегические вопросы мировой науки – 2007». Том 11. Экология. Дн-ск: Наука и образование, 2007. – С. 60-65.
117. Абракітов В.Е. Маловідома причина негативного біологічного впливу шуму на серцево-судинну систему людину. / В.Е. Абракітов // Матеріали VI міжнародної науково-методичної конференції 15-16 березня 2007. Київ, 2007. - С. 125-126.
118. Абракітов В.Е. Тринадцятирічний досвід розрахунку часу реверберації в приміщеннях за методикою Абракітова / В.Е. Абракітов// Збірник матеріалів IV міжрегіональної науково-практичної конференції "Психологічні та технічні аспекти безпеки праці, життя та здоров'я людини". 15 травня 2007 року. Полтава, 2007. - С. 5 - 7.
119. Абракітов В.Е. Концепція керованого натхнення / В.Е. Абракітов // Материалы Международной научно-практической конференции "Эффективные инструменты современных наук - 2007". - Том 7. История. Философия. Музыка и жизнь. Дн-ск: Наука и образование, 2007. - С. 32-37.

120. Абракизов В.Э. Акустическое моделирование и его виды - какой из них предпочесть? / В.Э. Абракизов, Я.И. Чуприна // Матеріали 7-ї регіональної науково-методичної конференції "Безпека життєдіяльності". Х., 2007. - С. 99-100.
121. Абракизов В.Э. Шум систем кондиционирования в зданиях как одна из наиболее актуальных проблем современной урбанизации / В.Э. Абракизов, Е.А. Помыткина // Материалы Международной научно-технич. конференции "Внедрение инновационных технологий и перспективы развития систем теплогазоснабжения и вентиляции" 19-21 ноября 2008, Х.: ХНАМГ, 2008. - С. 83-84.
122. Абракизов В.Э. Моделирование и полномерный эксперимент: Инь и Ян, или две стороны отображения реальной действительности / В.Э. Абракизов. // Тези доповідей 8-ї міжвузівської науково-методичної конференції "Безпека людини в сучасних умовах". 4-5 грудня 2008 р. Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Х., 2008. - С. – 44.
123. Абракизов В.Э. Образность восприятия - основа наглядности современных математических моделей. / В.Э. Абракизов. // Збірник матеріалів Всеукраїнській науково-практичній конференції "Оптимізація наукових досліджень - 2009". Миколаїв: НУК, 2009. - С. 202-205.
124. Абракизов В.Э. Шум в салоне трамвая "Tatra T-3". / В.Э. Абракизов. // Materiály V mezinárodní vědecko - praktická konference "Aplikované vědecké novinky - 2009". Díl 7. Ekologie. Zeměpis a geologie. Zemědělství. Zvěrolékařství: Praha. Publishing House "Education and Science" s.r.o.- 3-5 stran.
125. Абракизов В.Э. Экспериментальные исследования шумового режима в г. Одессе. / В.Э. Абракизов. // Materiały V Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Nauka: teoria i praktyka - 2009». V. 5. Przemysł. Nauka i studia, 2009. - str. 77-79.
126. Абракизов В.Э. Исследования шумового режима в с. Первомайское Змиевского района Харьковской области. / В.Э. Абракизов. // Материали за V международна научна практична конференция "Новини от научния напредък-2009". 17-25.08.2009. София: "Бял ГРАД-БГ" ООД, 2009. - С. 60-65.
127. Абракізов В.Е. Застосування шумоізолюючих кофердамів в кораблебудуванні. / В.Э. Абракизов. // Збірник матеріалів всеукраїнської науково-практичної конференції "Передовий науково-практичний досвід - 2009". 17.09.2009. Миколаїв: НУК ім. адмірала Макарова. - С. 158-159.
128. Абракизов В.Э. Об отрицательном эффекте акустических экранов / В.Э. Абракизов, И.А. Фарина // Тези доповідей Міжнародної науково-методичної конференції "Безпека людини в сучасних умовах" 3-4.12.2009 р. Х., НТУ "ХПІ", 2009. - с. 97.
129. Абракізов В.Е. Дослідження звукопоглинаючих властивостей пінополіуретану / В.Е. Абракізов, І.О. Фаріна // Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве: Материалы IX междунар. научно-технич. интернет-конф. Х.: ХНАМГ, 2010. - С. 35-36.
130. Устименко О.В. Исследование профессиональных заболеваний от шумового воздействия на производстве./ О.В. Устименко, В.Э. Абракизов // Тезисы докладов XXXV

научно-технич. конф. преподавателей, аспирантов и сотрудников Харьковской нац. академии городского хозяйства. Х.: ХНАГХ, 2010. - С. 200- 202.

131. Абракітов В.Э. Исследование шумов лифтового узла в зданиях различных типов (на базе непосредственных натурных измерений, проведенных авторами). / В.Э. Абракітов, И.А. Фарина // Тезисы докладов XXXV научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников Харьковской нац. академии городского хозяйства. Х.: ХНАГХ, 2010. - С. 202- 203.

132. Абракітов В.Э. Натурные измерения шумового режима в г. Черкасы. / В.Э. Абракітов. // Тезисы докладов XXXV научно-технич. конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников Харьковской национальной академии городского хозяйства. Х.: ХНАГХ, 2010. - С. 209- 210.

133. Абракітов В.Е. Натурні виміри шумів на вулицях та підприємствах м. Дніпродзержинська / В.Е. Абракітов // Матеріали за VI міжнародна научна практична конференція "Последните научни постижения-2010" 17-25.03.2010. София: Бял ГРАД-БГ ООД, 2010. - Т.16. - С.43-46.

134. Абракітов В.Е. Експериментальні дослідження шумового режиму в м. Маріуполь. / В.Е. Абракітов // Materiały VI Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji "Naukowa przestrzec "Europy-2010" . Przemyśl: Nauka I studia, 2010. – p. 30-32.

135. Abrakitov V.E. Noise in a tram KTM-19KT. / Vladimir E. Abrakitov; Oleg V. Ustimenko. // Materiály VI Mezinárodní vědecko-praktická conference "Dny vědy-2010" 27.03.10-05.04.10. Praha: publishing House "Education and Science" S.r.o., 2010. – p.45-47.

136. Абракітов В.Э. Карта шума Салтовского жилого массива г. Харькова, 2011 г. / В.Э. Абракітов. // Матеріали міжнародної науково-практич. конф. "Безпека життєдіяльності в навколишньому і виробничому середовищах". Х.: ХНАМГ, 2011. - С. 114-115.

137. Панасенко С.Н. Використання елементів математичних моделей в напівнатурних дослідженнях шумового режиму. / Панасенко С.Н., Абракітов В.Е. // Materiály VI mezinárodní vědecko-praktická conference "Aktuální vymoženosti vědy - 2010. Praha, 27.06.2010-05.07.2010". Praha: Publishing House "Education and Science" s.r.o., 2010. - P.83 – 87.

138. Абракітов В.Е. Моделювання процесів розповсюдження шуму у міській забудові із застосуванням комп'ютерних технологій / В.Е. Абракітов // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XIX міжнародної науково-практичної конференції, Ч.IV. (MicroCAD-2011, 01-03.06.2011 р.)– Х.: НТУ «ХПІ».- С.61.

АНОТАЦІЯ

Абракітов В.Э. Удосконалення акустичного комфорту за рахунок моделювання розповсюдження, поглинання та ізоляції звукових хвиль. - Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора техн. наук за спеціальністю 27.00.02. – СПб, 2012 р.

Дисертаційна робота присвячена дослідженню акустичних процесів з погляду:

1) *Забезпечення можливості моделювання процесів поширення звуку:* запропоновано

імітувати натурні процеси поширення звуку поширенням електромагнітних хвиль на моделі, для чого встановлено ідентичність їхніх математичних описів; створена система розрахункових співвідношень зв'язку адекватних параметрів моделі і натури; побудовано і випробувано пристрої задля реалізації пропонованих способів моделювання; збіжність результатів такого моделювання з результатами чисельного рішення та натурних вимірів стверджена експериментально.

2) *Оптимізації конструктивних рішень і підвищення ефективності шумозахисних засобів, зокрема, пристроїв звукоізоляції*: створена "звукоізолююча панель з максимально можливою звукоізолюючою здатністю"; запропоновано оригінальні способи ослаблення інтенсивності звукових хвиль, а також оперативної зміни часу реверберації звуку в приміщеннях.

Ключові слова: акустика, звук, винахід, модель, шум, утилізація.

АННОТАЦИЯ

Абракизов В.Э. Совершенствование акустического комфорта за счёт моделирования распространения, поглощения и изоляции звуковых волн. – Рукопись. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 27.00.02. – СПб, 2012.

Диссертационная работа посвящена исследованию акустических процессов с точки зрения:

1) *Обеспечения возможности физического, аналогового и математического моделирования процессов распространения звука*. Предложено использовать имитацию натуральных процессов распространения звуковых волн модельными процессами распространения электромагнитных волн, установлена идентичность математических описаний, создана система расчетных соотношений, для связи сходственных параметров модели и натуры; построены и испытаны устройства, позволяющие реализовать предлагаемый способ моделирования. Экспериментальные исследования подтвердили сходимость результатов моделирования с результатами численного решения и натуральных измерений.

2) *Оптимизация конструктивных решений и повышения эффективности шумозащитных средств, в т.ч., устройств звукопоглощения и звукоизоляции*. Создана "Звукоизолирующая панель с максимально возможной звукоизолирующей способностью; предложен способ ослабления интенсивности звуковых волн, а также способ оперативного изменения времени реверберации звука в помещениях.

Ключевые слова: акустика, звук, изобретение, модель, шум, утилизация.

ABSTRACT

V.E. Abrakitzov. The Improvement of the acoustic comfort for count of modeling of the spreading, absorptions and insulation the sound waves. The manuscript. The dissertation prepared to obtain a scientific degree of technical science doctorate on a specialty 27.00.02. – SPb, 2012.

This dissertation work includes next technical problem solution:

1) *The sound propagation processes modeling designing*. The analogy and quasyanalogy models should preferably be used for solving of the applied acoustic tasks for sound propagation forecast in the process of researching designing of noise screening. The simulation of the full-scale sound propagation used the light propagation model in the frequency spectrum from visual to heat radiation. The author establishes the identity of mathematical description for acoustics and optical processes.

2) *The high effective sound-proofing designing*. It is created "the sound-proofing panel with the maximal efficient potential" and many other. Offers provide an original way of the weakening to intensities of the sound waves. It also provides an original way of the operative change of time to reverberations of the sound in premises.

Keywords: acoustics, sound, invention, model, noise, salvaging

Подписано к печати 17.02.2012

Формат 60 x 84 1/16

Печать на ризографе

Усл. печ. листов. 0,7

Тираж 100 экз.

Зак. №.61

Издатель и изготовитель:

ЦНИТ «Астерион»,

Санкт-Петербург, 191015